

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ВНЗ УКООПСПЛКИ «ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І
ТОРГІВЛІ»**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДУБОВА ГАЛИНА ЄВГЕНІЇВНА

УДК 602.4:664:637.057

ДИСЕРТАЦІЯ

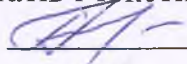
**БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕГУЛЮВАННЯ ДІЇ
ПОПЕРЕДНИКІВ АРОМАТУ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ**

03.00.20 – біотехнологія

Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 Дубова Г.Є.

Науковий консультант Поєдинок Н.Л., доктор біологічних наук, доцент, с.н.с

Київ 2025

АНОТАЦІЯ

Дубова Г. Є. Біотехнологічні основи регулювання дії попередників аромату харчової сировини. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. – ВНЗ УКООПСПЛКИ «Полтавський університет економіки і торгівлі», Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Міністерство освіти і науки України, Київ, 2025.

Дисертацію присвячено теоретичному та експериментальному обґрунтуванню наукових основ якісно нових технологій ароматизації харчової продукції. В основу досліджень покладена наукова гіпотеза про те, що цілеспрямований вплив на попередники аромату під час обробки рослинної сировини або їстівних грибів дозволяє доповнити класичні методи ароматизації. На підставі отриманих результатів досліджень наданий розвиток науково-практичному напрямку – технології харчової продукції, ароматизованої за допомогою впливу на процеси ферментативного формування аромату. За біотехнологічну основу ароматизації харчової продукції прийняті відомі природні реакції рослинних ферментів, відтворені в штучних умовах.

Систематизація відомостей про участь попередників аромату довела перспективність процесів утворення *in vitro* ароматів, затребуваних в харчовій промисловості, летких речовин зеленого листя (Green Leaf Volatiles – GLVs), фруктових, грибних та ін. Темпи зростання органічної продукції, оздоровчого й профілактичного спрямування обумовлюють більш глибоке розуміння філософії їжі під час використання інноваційних технологій ароматизації. Наведений аналіз розвитку виробництва ароматизаторів доводить, що аромат стає одним із основних органолептичних компонентів для розробників продуктів харчування.

Ідея дослідження полягає в тому, що процес ароматизації на основі реакцій попередників є керованим, а за результатами керування дозволяє отримати продукт з показниками аромату наближеними до свіжих плодів. У представлених

наукових підходах до ароматизації харчової продукції в якості попередників використані ліпідні емульсії, вищі ненасичені жирні кислоти клітинних мембран свіжих плодів або таких, що пройшли попередню обробку. В якості рослинних ферментів використані водні суспензії бобів сої, бобів маш, рослинних гомогенатів, які володіють достатньою ферментативною активністю ліпоксигеназ, гідропероксидліаз.

Клітинний сік рослин накопичує у собі легколеткі компоненти, які є інгібіторами в процесах утворень *de novo* ароматичних компонентів під час отримання гідролатів (дистиляту). Запропонований спосіб збільшення виходу ароматичних речовин у дистилят без їх збитку для висушеної сировини полягає в її попередньому частковому зневодненні шляхом холодного сушіння.

Визначено умови полімолекулярної взаємодії і біосинтезу аромату летких речовини в емульсійних ароматизаторах. Обробка рослинних гомогенатів у вакуумі призводить до зближення ліпідних частинок і ферментів, до деформації дифузних оболонок і їх взаємного проникнення. Встановлено, що під час вакуумного нагрівання (температура 32 ± 2 °C, розрідження 6 ± 3 кПа) мембранозв'язані ферменти гідропероксид ліази в суспендованих рослинних гомогенатах не пригнічуються в термооброблених плодах надлишком гідроперекисів. Це пояснюється кращими умовами міжфазної взаємодії між ферментами у реакціях з попередниками ліпідної природи та їх похідними.

Зменшення гідратного прошарку між рослинними ферментами та попередниками аромату забезпечується внесенням хлориду натрію у концентрації 12 ± 3 % та сприяє реакціям ароматоутворення грибів гливи, кавунової оболонки. Встановлено, що екстрактивні речовини рослин імбиру, хрону, гірчиці, зеленого та чорного чаю є інгібіторами рослинних ароматотвірних ферментів цибулі. Гальмування ферментативного утворення аромату цибулі відбувається за участю ферментів порошку гірчиці (переважно мірозінази), хрону (переважно поліфенолоксидази), танінами чорного та зеленого чаю, складовими компонентами імбиру, але в різній мірі, оскільки в процесі

ароматоутворення задіяний комплекс рослинних ферментів із різною здатністю до реакцій з попередниками аромату.

Пшеничні висівки, введені як добавка при гідротермічній обробці м'ясних субпродуктів разом із гарбузом суттєво змінюють аромат відвару та м'ясних виробів внаслідок впливу на їх ліпідні компоненти. Екстракт пшеничних висівок введений як добавка при культивуванні *Pleurotus ostreatus* на рідкому поживному середовищі ініціюють ферментативні реакції утворення аромату. У культуральній рідині з пшеничними висівками вміст 1-октен-3-олу (основного компонента, що відповідає за грибний аромат) більш ніж у 1,4 рази. У культивованому міцелії загальна кількість ідентифікованих ароматичних компонентів більше ніж у 1,7 рази порівняно зі зразком, вирощеним без пшеничних висівок. Одночасно із змінами аромату встановлені зміни розподілу попередників між міцелієм та культуральною рідиною.

Встановлено, що режими фотостимуляції біосинтетичної активності у біотехнології глибинного культивування їстівних лікарських макроміцетів *Hericium erinaceus* IBK-977, *Lentinula edodes* IBK-2541, *Ganoderma lucidum* IBK-1621, викликає зміни, як у кількісному, так і якісному складі жирних кислот та летких ароматичних компонентів. Для лікарського макроміцету *Inonotus obliquus* IBK-1877 фотостимуляція негативно вплинула на утворення летких ароматичних компонентів в міцелії. Поєднання обробки посівного міцелію *G. lucidum* IBK-1621 фотостимуляцією з колоїдним розчином наночастинок Ag, Fe, Mg негативно впливають на утворення летких ароматичних компонентів з попередників ліпідної природи.

За результатами досліджень були визначені умови для утворення природних летких речовини зеленого листа з високим виходом насичених і ненасичених шести-дев'ятивуглецевих альдегідів. Особливістю цих умов є застосування посиленого фізичного впливу на компоненти реакцій – механоактивація у вихровому шарі феромагнітних частинок. Вільні ВНЖК та боби сої, маш утворюють ароматичні компоненти GLV, при цьому ферменти, що містяться у бобах не потребують попереднього очищення, їх активність є

достатньою. Ферментативні перетворення попередників аромату залежать від спільної дії і специфічності комплексу LOX/HPL в бобах маш, сої. Диспергування, за рахунок збільшення площі поверхні контакту ферментів з попередниками, прискорює протікання реакцій утворення аромату.

Визначено умови активації ферментативної системи сировини шляхом її попередньої обробки - охолодження ($t = 1..3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5 годин), вакуумування (3-9 кПа), мікрохвильового впливу (0,6 кВт) і комбіновано (мікрохвильового нагрівання і вакуумування) для необхідної зміни аромату або його відновленні. Обґрунтовано можливість участі баштанних культур, після теплової обробки, в процесах відновлення втраченого аромату. Передумовою здійснення процесів продукування свіжого аромату в екстракті ліпідів кавуна, гарбуза, огірків є достатній вміст ВНЖК 30-40 % від загальної кількості жирних кислот, збереження природнього співвідношення лінолевої і ліноленової кислоти.

Аналіз антиоксидантної активності, окисно-відновного потенціалу баштанних (кавуні, гарбуз, огірки) культур свіжих і після теплової обробки показав певні тенденції протікання окислювальних процесів. Ці два показники значною мірою визначають здатність плодів до повторного утворення ароматичних компонентів. Гідротермічна обробка огірків, гарбуза, кавунів, знижуючи окисно-відновний потенціал на $30\pm 10\text{ mV}$, антиоксидантну активність більш ніж 50 %, сприяє протіканню окиснювальних реакцій за участю ароматотвірних ферментів.

Показано, що плоди, оброблені гідротермічно, у вакуумі та мікрохвильовому полі, заморожуванням у різній мірі утворюють дієнові кон'югати та гідроперекиси, малоновий діальдегід. Баштанні плоди відносяться до групи з невисоким значенням окисно-відновного потенціалу – 60-110 mV. Область значень для плодів зі стабільною антиоксидантною системою (смородина, вишня, солодкий перець) перебуває в межах 180-220 mV. Після термообробляння окисно-відновний потенціал гарбузових плодів знижується, на відміну від плодів зі стабільною антиоксидантною системою, що є фактором для відновлення аромату гарбузових плодів екстрактом рослинних ферментів.

Міжфазна активація реакцій з попередниками аромату здійснюється збільшенням площі поверхні контакту в системі, що їх містить, диспергуванням, міжмолекулярною взаємодією в желатиновому желе, шляхом утворення піни. Встановлена перевага використання желатинових розчинів, яка полягає в здатності іммобілізувати ферменти з водного екстракту, володіючи поверхнево-активними властивостями, багаторазово збільшувати поверхню контакту фермент-субстрат і забезпечувати електропритяжіння частинок.

Доведено, що вибір періоду збору листя вишні та липи дозволяє досягти після ферментації максимального наближення до вишневого аромату або цвіту липи. Рослинні ароматоутворюючі ферменти листя липи мають більший вплив на аромат в період до цвітіння, ніж після цвітіння, а в листі вишні – після плодоносіння. Участь рослинних ферментів у формуванні специфічного аромату ферментованого листя з попередників аромату відкриває нові джерела для отримання ароматизаторів – листя плодових дерев та ягід.

На основі наукової концепції, сформульованої в дисертаційній роботі, і узагальнених експериментальних даних, отриманих при її виконанні, надані науково-практичні рекомендації приготування ароматизованих харчових продуктів (піни, желе, сіль з травами, соусів, дистилятів, наповнювачів, емульсії, ароматизованих олій та ін.). Розроблена технологія попередньої обробки трав, яка дозволяє збільшити насичення ароматом солі, одночасно знизивши кількість трав у співвідношенні з сіллю. Наведені пропозиції щодо ароматизації плодового пюре за допомогою фасування з автономним міксингом та рослинними ферментами. Встановлено, що відновлення аромату м'якоті кавуна і дині можливо практично здійснити за рахунок уведення амінокислот нуту і квасолі.

Ароматизовані продукти долають сенсорний дефіцит, пов'язаний зі скороченням солі, цукру, жиру в харчових продуктах. Соціальне значення нових способів ароматизації полягає в розробці продуктів харчування для дітей, літніх людей та людей, схильних до хронічних захворювань. Технологічні розробки присвячені стравам лікувального та дієтичного харчування хронічних хворих,

технологіям харчових продуктів зі зміненими рецептурами та таким, які особливо обмежені ароматичними дескрипторами.

Ключові слова: *ароматичні компоненти, дистиляти (гідролати), макроміцети, рослинні ферменти, попередники аромату, ферментативні реакції, вакуумна обробка, жирнокислотний склад, мікрохвильове поле, желатинове желе, технології, гарбузові плоди.*

SUMMARY

Dubova H. Ye. Biotechnological bases of action regulation of aroma precursors in food raw materials. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 03.00.20 – biotechnology. – UKOOPSPILKA University "Poltava University of Economics and Trade", National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2025.

This dissertation focuses on the theoretical and experimental validation of new technologies for flavoring food products. The research is based on the hypothesis that targeted manipulation of aroma precursors during the processing of plant raw materials and macromycetes can complement traditional flavoring methods. The results presented in this work advance the scientific and practical aspects of food product technology, emphasizing the enzymatic formation of aromas. This biotechnological approach leverages known reactions of plant enzymes, artificially replicated, as the foundation for food flavoring.

The study systematizes information on the role of aroma precursors. It highlights the potential of in vitro aroma formation processes, particularly in producing highly desirable volatile substances from sources such as green leaves (Green Leaf Volatiles – GLVs), fruits, and mushrooms. The rising demand for organic products, coupled with an increased focus on health and wellness, has deepened the appreciation of culinary

philosophy, particularly in using innovative flavoring technologies. The analysis of flavor production trends suggests that flavor is becoming an increasingly critical organoleptic component for food developers.

The research explores the controlled aromatization process based on precursor reactions, allowing for the creation of aroma profiles that closely replicate those of fresh fruits. In the proposed scientific approaches to food aromatization, lipid emulsions and higher unsaturated fatty acids from the cell membranes of fresh or pre-processed fruits are employed as precursors. Additionally, aqueous suspensions of soybeans, mung beans, and plant homogenates – rich in lipoxygenases and hydroperoxidases – are used as plant enzymes due to their sufficient enzymatic activity.

Plant cell sap accumulates volatile components that inhibit the formation of de novo aromatic compounds during hydrolate (distillate) production. To increase the yield of aromatic substances in the distillate without damaging the dried raw material, a method involving preliminary partial dehydration via cold drying is proposed.

The conditions for polymolecular interaction and aroma biosynthesis of volatile compounds in emulsion flavorings were determined. Processing plant homogenates under vacuum facilitates the convergence of lipid particles and enzymes, leading to the deformation of diffuse membranes and their mutual penetration. It was found that during vacuum heating ($32 \pm 2^\circ\text{C}$, with a vacuum pressure of 6 ± 3 kPa), membrane-bound hydroperoxide lyase enzymes in suspended plant homogenates are not inhibited by excess hydroperoxides in heat-treated fruits. This phenomenon is attributed to enhanced interphase interactions between enzymes, lipid precursors, and their derivatives.

The reduction of the hydrate shell between plant enzymes and aroma precursors is facilitated by introducing sodium chloride at a concentration of $12 \pm 3\%$, enhancing the aroma-forming reactions in oyster mushrooms and watermelon rind. It has been established that the extractive compounds in ginger, horseradish, mustard, and both green and black tea act as inhibitors of the aroma-forming enzymes in onions. The inhibition of onion aroma formation occurs through the activity of enzymes in mustard powder (primarily myrosinase), horseradish (primarily polyphenol oxidase), and tannins in black and green tea, as well as components of ginger. However, the degree

of inhibition varies due to the involvement of a complex array of plant enzymes with differing reactivity in the aroma formation process.

The introduction of wheat bran as an additive during the hydrothermal treatment of meat offal and pumpkin significantly alters the aroma of broth and meat products, mainly due to its impact on lipid components. When wheat bran extract is used as an additive during the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in a liquid nutrient medium, it stimulates enzymatic reactions involved in aroma formation. In this medium, the concentration of 1-octen-3-ol (the primary compound responsible for the mushroom aroma) is more than 1.4 times higher. Additionally, the total number of identified aromatic components in the cultivated mycelium is over 1.7 times higher compared to samples grown without wheat bran. These changes in aroma are accompanied by shifts in lipid-based aroma precursors, which show varied distribution between the mycelium and the culture liquid depending on the medium's composition.

It was found that photostimulation regimes used in the deep cultivation of edible medicinal macromycetes – *Hericium erinaceus* IVK-977, *Lentinula edodes* IVK-2541, *Ganoderma lucidum* IBK-1621– induce significant changes in both the quantity and quality of fatty acids and volatile aromatic compounds. In contrast, photostimulation had a negative effect on the formation of volatile aromatic components in *Inonotus obliquus* IBK-1877. Furthermore, combining photostimulation with a colloidal solution of Ag, Fe, and Mg nanoparticles in treating *G. lucidum* IBK-1621 seed mycelium also negatively impacted the formation of lipid-derived volatile aromatic components.

The research identified the optimal conditions for producing natural volatile compounds in green leaves, yielding high levels of saturated and unsaturated six- to nine-carbon aldehydes. A critical factor in these conditions is the use of enhanced physical forces, specifically mechanical activation in a vortex layer of ferromagnetic particles. Free PUFA, along with soybeans and mung beans, contribute to forming the aromatic components of GLV (Green Leaf Volatiles), with the beans' enzymes showing sufficient activity without requiring preliminary purification. The enzymatic transformation of aroma precursors depends on the combined action and specificity of the LOX/HPL complex in mung beans and soybeans. Increased dispersion, due to a

larger surface area of contact between enzymes and precursors, accelerates the rate of aroma formation reactions.

The research established optimal conditions for activating the enzymatic system of raw materials through preliminary treatments, such as cooling (1–3°C for 5 hours), vacuuming (3–9 kPa), microwave exposure (0.6 kW), and combined methods (microwave heating and vacuuming) to modify or restore aroma. The study also confirmed the potential for melon crops, after heat treatment, to contribute to restoring lost aroma. For the successful production of fresh aroma in lipid extracts of watermelon, pumpkin, and cucumber, it is crucial to maintain a fatty acid content of 30–40% of the total fatty acids, along with the natural ratio of linoleic to linolenic acids.

The analysis of antioxidant activity and redox potential in melon crops (watermelon, pumpkin, cucumber), both fresh and after heat treatment, revealed notable trends in oxidation processes. These two indicators play a significant role in determining the fruits' capacity to regenerate aromatic components. Hydrothermal treatment of cucumbers, pumpkins and watermelons, which reduces the oxidation-reduction potential by 30 ± 10 mV, antioxidant activity by more than 50 %, promotes oxidation reactions involving aroma-forming enzymes.

The study shows that fruits subjected to hydrothermal, vacuum, microwave, and freezing treatments form diene conjugates, hydroperoxides, and malondialdehyde to varying degrees. Pumpkin, watermelon pulp, for example, falls into the group with low redox potential, ranging from 60-110 mV, while fruits with robust antioxidant systems, such as currants, cherries, and sweet peppers, have redox potential values between 180-220 mV. In the case of pumpkin, heat treatment reduces its oxidation-reduction potential, unlike fruits with a stable antioxidant system, which is a factor in restoring the aroma of pumpkin fruits with plant enzyme extract.

The interphase activation of reactions involving aroma precursors is achieved by increasing the contact surface area within the system, enhancing dispersion, and promoting intermolecular interactions in the gelatin jelly, including through foam formation. A key advantage of using gelatin solutions is their ability to immobilize enzymes from an aqueous extract, which have surface-active properties. This process

significantly increases the enzyme-substrate contact area and facilitates the electro-attraction of particles.

Research has shown that selecting the optimal collection period for cherry and linden leaves can closely replicate the natural aroma of cherries or linden blossoms after fermentation. In linden leaves, aroma-forming plant enzymes have a more substantial impact before flowering, while in cherry leaves, this effect is more pronounced after fruiting. The role of plant enzymes in transforming aroma precursors to create the distinctive fragrance of fermented leaves opens up new possibilities for sourcing aromas from the leaves of fruit trees and berry plants.

Drawing on the scientific concepts outlined in the dissertation and the comprehensive experimental data collected, this work offers scientific and practical recommendations for preparing a variety of flavored food products, including foams, jellies, herb-infused salts, sauces, distillates, fillers, emulsions, and flavored oils. A new herb pre-treatment technology has been developed, enabling enhanced aroma saturation in salt while reducing the quantity of herbs used. Additionally, suggestions are provided for flavoring fruit purees through packaging equipped with autonomous mixing and the use of vegetable enzymes. It has also been demonstrated that restoring the natural aroma of watermelon and melon pulp can be effectively achieved by incorporating amino acids derived from chickpeas and beans.

Flavored products help to address the sensory deficits that arise from reducing salt, sugar, and fat in food. The social significance of these new flavoring techniques is essential for creating food products tailored to children, older adults, and individuals with chronic conditions. Technological advancements in this area focus on medical and dietetic meals for chronic patients, specialized nutrition for military personnel, and developing food products with modified recipes, especially those constrained by limited aromatic descriptors.

Key words: *aromatic components, distillates (hydrolates), macromycetes, plant enzymes, aroma precursors, enzymatic reactions, vacuum treatment, fatty acid composition, microwave field, gelatin jelly, technologies, pumpkin fruits.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія:

1. **Dubova H. Ye.** Advances in Research on Food Aroma Recovery: monograph 2nd edition. Poltava: PUET, 2017. 187 p.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Безусов А. Т., **Дубова Г. Е.**, Кривошей О.И. Новая технология получения ароматических веществ. *Харчова наука і технологія*. 2008. № 4 (5). С. 35–38. (здобувачу належить планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
3. **Дубова Г. Е.** Роль ферментов в образовании аромата пищевых продуктов. *Харчова наука і технологія*. 2009. № 3 (8). С. 42–45.
4. **Дубова Г. Є.**, Кривошей О. І., Бичков Я. М. Отримання порошкоподібної овочевої сировини з подальшим виготовленням напоїв. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. Вип. 20. С. 201–206. (здобувачу належить ідея, планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
5. **Дубова Г. Є.** Ферментативне відновлення аромату концентрованого кавунового соку. *Харчова наука і технологія*. 2009. № 4 (9). С. 28–30.
6. **Дубова Г. Є.** Комбінований спосіб концентрування натуральних ароматичних речовин. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. Вип. 23. С. 172–179.
7. **Дубова Г. Е.** Ароматизация гомогенизированных продуктов. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2010. Вип. 38. Т. 2. С. 48–51.
8. **Дубова Г. Є.** Умови використання попередників ароматичних сполук. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. Вип. 26. С. 362–367.
9. **Дубова Г. Є.** Дослідження шляхів відновлення ароматичних сполук. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2011. Вип. 40. Т. 2. С. 47–51.
10. **Дубова Г. Є.** Біокаталіз у процесах ароматизації рослинної сировини.

- Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2011. Вип. 1 (13). С. 214–220.*
11. **Дубова Г. Є.,** Овчіннікова С. О. Визначення карбонільних сполук у харчових продуктах. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2012. Вип. 2 (16). С. 214–220. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків).*
 12. **Дубова Г. Е.,** Безусов А. Т. Научные основы восстановления естественных ароматов в пищевых продуктах. *Наукові праці ОНАХТ. Одеса, 2012. Вип. 42. Т. 2. С. 33–38.*
 13. **Дубова Г. Є.** Відновлення аромату кави в мікрохвильовому полі. *Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. Донецьк: ДонНУЕТ, 2013. Вип. 30. С. 347–351.*
 14. **Дубова Г. Є.,** Левченко Ю. М. Ароматизація виробів з капусти. *Харчова наука і технологія, 2013. № 4 (21). С. 60–63. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).*
 15. **Дубова Г. Є.,** Безусов А. Т. , Мельник О. І. Особливості технології харчової ароматизованої солі. *Наукові праці ОНАХТ. Одеса, 2013. Вип. 44. Т. 2. С. 33–37. (здобувачу належить розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).*
 16. **Дубова Г. Е.** Перспективы использования растительных гомогенатов в качестве ароматизаторов. *Харчова наука і технологія, 2013. № 4 (25). С. 62–64.*
 17. **Дубова Г. Є.,** Левчук І. В., Голубець О. В. Ароматизація темпурних продуктів. *Харчова промисловість. 2014. № 16. С. 9–14. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).*
 18. **Дубова Г. Є.** Характеристика продуктів окиснення ліпідів у реакціях

- утворення ароматів. *Харчова промисловість*. 2015. № 18. С. 38–42.
19. Сукманов В. О., Маринін А. І., **Дубова Г. Є.**, Куш Л. І. Дослідження характеристик мембранних ліпідів плодової сировини у процесі відновлення аромату. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки*, 2016. (1), 8-14. **категорія Б** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
20. Sukmanov V., Marynin A., **Dubova H.**, Bezusov A., Voskoboinik V. Study of aroma formation from lipids of the fruit raw material. *Ukrainian Food Journal*. 2016. Vol. 5. Issue 4. P. 629–643. Doi: 10.24263/2304-974X-2016-5-4-3. **(WoS)** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
21. **Dubova H. Ye.**, Yegorov B.V., Bezusov A.T., Voskoboinyk V. I. Study of factors affecting development of food aromatization. *Food Science and Technology*. 2017. № 3 (11). С. 17-24. <https://doi.org/10.15673/fst.v11i3.603>. **(WoS)** (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів, написання статті).
22. Синенко Т.П., **Дубова Г.Є.** Характеристика ароматичних дескрипторів продуктів ректифікації молочної сироватки. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі* : зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2019. С.63-74. **категорія Б** (здобувачу належить розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків).
23. Synenko T., Bezusov A., **Dubova H.** Research on whey aroma precursors in the technology of flavoured culinary foam. *Food science and technology*. 2020. Vol. 14, Issue 1. P. 70-80. doi.org/10.15673/fst.v14i1.1648. **(WoS, фахове видання категорії А)** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формулювання висновків).

24. Lou W., Bezusov A., Li B., **Dubova H.** Recent advances in studying tannic acid and its interaction with proteins and polysaccharides. *Food science and technology*. 2019. Vol. 13, Issue 3. P. 65-69. doi.org/10.15673/fst.v13i3.1452. (**WoS, фахове видання категорії А**) (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів).
25. **Dubova H.**, Dotsenko N., Mykchaylova O., Poyedinok N. Study of aromatic components in the course of initiating enzymatic reactions in the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Food science and technology*. 2021. Том 15 № 4. С.12-21. doi.org/10.15673/fst.v15i4.2254. (**WoS, фахове видання категорії А**). (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів, написання статті).
26. **Дубова Г. Є.**, Безусов А. Т., Білошицька О. К., Поєдинок Н. Л. Застосування попередників ароматув харчовій рослинній сировині: біотехнологічний аспект. *Innov Biosyst Bioeng*. 2022. Vol.6 (3-4). С. 94-109. doi.org/10.20535/ibb.2022.6.3-4.267094 (**Scopus Q3, фахове видання категорії А**) (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів, написання статті).
27. Бараболя О., Куш Л., Дудник С., **Дубова Г.** Розробка технології виробів з субпродуктів та гарбуза для крафтового виробництва. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. №1. С.52-57. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-52-57. **категорія Б** (здобувачу належить ідея, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів).
28. **Дубова Г. Є.**, Левчук І.В., Галкін О.Ю., Хмельницька Є.В., Поєдинок Н. Л. Нові підходи до використання рослинних ароматотвірних ферментів. *Innov Biosyst Bioeng*. 2023. Vol.7 (2). С. 42-59. doi.org/10.20535/ibb.2023.7.2.279550 (**Scopus Q3, фахове видання категорії А**) (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).

Статті у наукових виданнях інших держав

29. Bezysov A. T., **Dubova H. E.**, Nikitchsna T. I. Biotechnological potential of

- vegetable raw materials and their effective applying in foods. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. Year IV. 2015. № 6. P. 39–44. (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка частини результатів, написання частини статті).
30. Bezysov A. T., **Dubova H. E.**, Rogova N. V. New methods of plant selection for food aroma recovery aided by oxidation processes. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*. Vol. 19, Issue 2 (Dec. 2015). P. 15–26. <https://doi.org/10.1515/aucft-2015-0011> (**Scopus Q3**) (здобувачу належить розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
31. Mykchaylova O., **Dubova H.**, Lomberg M., Negriyko A., Poyedinok N. Influence of low-intensity light on the biosynthetic activity of the edible medicinal mushroom *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. in vitro. *Archives of Biological Sciences*, 2023. 75(4), 489-501. doi.org/10.2298/ABS230821040M (**Scopus Q3**) (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка частини результатів).
32. Mykchaylova O., Dubova H., Negriyko A. et al. Photoregulation of the biosynthetic activity of the edible medicinal mushroom *Lentinula edodes* in vitro. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2024. DOI: 10.1007/s43630-023-00529-8 (**Scopus Q2**) (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка частини результатів).
33. **Dubova H.**, Levchuk I., Holubets O., Miroshnikov V. Fermentation Technology Of Leaves For Flavored Drinks. *Proceedings Of University Of Ruse. Razgrad*. 2022, vol. 61. book 10.2. P. 16-21. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).

Патент на винахід

34. **Дубова Г. Є.**, Овчиннікова С. О. Спосіб відновлення свіжого аромату в харчовому продукті: патент на винахід 110149 Україна: МПК С12N 11/18

(2006.01), A23L 1/22 (2006.01), A23L 1/23 (2006.01); № а 201404298; заявл. 8.04.14; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22 (*особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту*).

Патенти України на корисну модель

35. **Дубова Г. Є.,** Кривошей О. І. Спосіб отримання порошкоподібної овочевої сировини з подальшим виготовленням напоїв. Патент на корисну модель 39265 Україна МПК A23L 1/025 (2006.01), A23P 1/06 (2006.01), A23B 7/02 (2006.01). № и 2008 07472, заявл. 8.04.08, опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4 (*особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту*).
36. **Дубова Г. Є.,** Антюхова О. М., Рогова А. Л. Спосіб виробництва поліфункціональної солодової добавки та борошняних виробів з її використанням: пат 44630 Україна: МПК⁷ A21D 2/38 (2006.01), A21D 8/02(2006.01); № и 200904128; заявл. 27.04.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19 (*особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту*).
37. **Дубова Г. Є.,** Мельник О. І. Спосіб отримання соковмісного напою «Калинонька» з використанням натуральних ароматизаторів: пат. 44535 Україна: МПК⁷ A23L 2/02; № и 2009 04409; заявл. 8.04.09, опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19. (*особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту*).
38. **Дубова Г. Є.,** Чол Т. Й. Спосіб отримання кавунового желе із збереженням натурального аромату: пат. 53939 Україна: МПК⁷ A23L 1/06; № и 201004093; заявл. 8.04.10; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. (*особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту*).
39. **Дубова Г. Є.,** Бондаренко Я. В Спосіб отримання солодкого супу «Тропічна

- лагуна» із збереженням натурального аромату: пат 67712 Україна: МПК⁷ A23L 1/39; № u2011 04409; заявл. 11.04.11; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*
40. **Дубова Г. Є.,** Овчиннікова С. О. Спосіб визначення карбонільних сполук в паровій фазі харчового продукту: пат 78188 Україна: МПК⁷ G01N 33/48; № u 201210608; заявл. 10.09.12, опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5. *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*
41. Шевченко О.Ю., Сукманов В.О., **Дубова Г.Є.,** Свінціцька А.І. Спосіб утворення натурального ароматизатора із похідних вищих ненасичених жирних кислот: пат. 133014 Україна: МПК С 12N 9/00, С12N 11/18; u201809120; заявл.12.09.18, опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6 *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*
42. **Дубова Г.Є.** Спосіб обробки м'ясних субпродуктів (легень, мозку) для покращення аромату готових виробів з їх використанням: пат.149318 Україна:МПК A23L 13/00, A23L 33/00; № u202103776; заявл. 2.07.2021, опубл. 3.11.2021, Бюл. № 44.
43. **Дубова Г.Є.,** Чернявська О.В., Поєдинок Н.Л., Галкін О. Ю., Будник Н. В., Кайнаш А. П. Спосіб ферментативного перетворення аромату цибулі: пат. № 154357: МПК A23L 33/00, A23L 5/20; № u 2023 01337; заявл. 30.03.2023, опубл. 8.11.2023, Бюл. № 45 *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*

Тези, доповіді на наукових конференціях

44. **Дубова Г. Є.,** Кривошей О. І. Перспективний спосіб зневоднення овочевої сировини. *Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини:* всеукр. наук.-практ. конференція, 31 жовтня 2008 р. Харк.

- держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2008. С. 17–18. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
45. **Дубова Г. Є.,** Кривошей О. І. Технологія соковмісного напою «Калинонька» з використанням натуральних ароматизаторів. *Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства*: зб. тез доповідей. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. С. 154–156. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
46. **Дубова Г. Є.,** Дмитриков В. П. Спосіб збереження ароматичних речовин в консервованих соках і пюре. Підсумки науково-дослідної роботи: матеріали наук.-практ. конференції проф.-викл. складу за 2009 рік, 21–22 квітня 2010 р. Полтава: РВВ ПДАА, 2010. С. 234–236. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
47. **Дубова Г. Є.,** Єнько О. С. Визначення параметрів активності ароматичних речовин. *Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття*: міжнар. наук.-практ. конференція, 21 жовтня 2010 р. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2010. С. 329–330. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
48. **Дубова Г. Є.,** Вишар Д. М. Технологія виробництва натуральних підсилювачів та ароматизаторів. *Нові технології та обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 26 квітня 2012 р. Полтава: ПУЕТ, 2012. С. 20–22. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
49. **Дубова Г. Є.,** Мельник О. І. Саногенез і аромат харчових продуктів. *Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування*: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції ХДУХТ 13–14 травня 2013 р. Харків: ХДУХТ, 2013. С. 125–126. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту,

- обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).*
50. **Дубова Г. Є.** Реакції утворення аромату фруктових приправ. *Нові технології та обладнання харчових виробництв* : матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 23 травня 2013 р. Полтава: ПУЕТ, 2013. С. 4–6.
 51. **Дубова Г. Є.** Можливості мікросомального окислення в реакціях синтезу ароматичних компонентів. *Нові технології і обладнання харчових виробництв* : матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 20 березня 2014 р. Полтава: ПУЕТ, 2014. С. 13–15.
 52. Безусов А. Т., **Дубова Г. Є.** Особенности продуктов с восстановленным ароматом. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість, безпека*: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції, 28–29 травня 2015 р. Київ: НУХТ, 2015. С. 13–15. (Здобувачу належить обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 53. **Дубова Г. Є.** Развитие инноваций в технологии ароматических концентратов. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку харчових виробництв, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу*: тези доп. міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 40-річчю заснування факультету ХТГРТБ (м. Полтава, 20–21 листопада 2014 р.). Полтава: ПУЕТ, 2015. С. 142–144.
 54. **Дубова Г. Є.,** Овчинникова С. А., Роговая Н. В. Получение ароматических концентратов и перспективы их использования. *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві*: міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція, 12–14 листопада 2014 р.; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2014. С. 221–223. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 55. Bezysov A. T., **Dubova H. E.,** Rogova N. V. New Aspects in the Technology of Aromatic Components Formation *Special issue of Journal of EcoAgriTourism*. Transilvania University Press, 2015. P. 97. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення

- отриманих результатів, написання тез).
56. Sukmanov V., Birca A., Marinin A., Zakharevich V., **Dubova G** , Melnik O. Studies of properties of triacylglycerides in the plant raw material after heat treatment. *NUTRICON 2015. Food Quality and Safety, Health and Nutrition*. Skopje, Republic of Macedonia, 2015. P. 33–34. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 57. **Дубова Г. Є.**, Рогова Н. В., Мельник О. І. Оцінка ароматичного напрямку рослин за анатомічною будовою. *Нові технології і обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 14 квітня 2016 р. Полтава: ПУЕТ, 2016. С. 9–12. (Здобувачу належить ідея, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 58. **Dubova G.**, Sukmanov V, Krukoves L., Prokhorenko Z. Study of volatile biosynthesis condition the emulsion flavors. *8th Central European Congress on Food 2016 Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts*. 23–26 May 2016. K.: NUFT, 2016. P. 251. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 59. **Дубова Г. Є.**, Мельник О. І. Використання рослинної нетрадиційної сировини для ароматизації харчових продуктів. *Нові технології і обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 6 квітня 2017 р. Полтава: ПУЕТ, 2017. С. 10–12. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 60. Скикевич М. Г., Волошина Л. И., **Дубова Г. Е.**, Куц Л. И. Особенности влияния ароматизаторов на секреторную функцию слюнных желез. Сучасна стоматологія та щелепно-лицева хірургія: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції 12 травня 2017 р. Київ: НАМУ, 2017. С. 145–147. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
 61. **Дубова Г.Є.**, Оберемок В.М., Єльніков А.С. Підвищення виходу ароматизаторів GLV профілю для продуктів оздоровчої дії. *Захищене та здорове покоління*: збірник тез доповідей Міжвузівського круглого столу,

- присвяченого Всесвітньому дню охорони праці (м. Полтава, 27 квітня 2018 року). Полтава: ПУЕТ, 2018. С. 11-13. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
62. **Дубова Г.Є.** Дослідження ліпідів рослинної сировини. *Збірник наукових праць науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2020 році* (м. Полтава, 14 травня 2021 року). Полтава: РВВ ПДАА, 2021. С. 284-286 с.
63. **Дубова Г. Є.,** Прокопенко В. Вплив антиоксидантів на реакції утворення ароматів в умовах гідротермічної обробки сировини. *Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф.* 21 груд., 2021 р. Полтава: ПДАУ, 2021. С. 16-18. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
64. Poyedinok N.L., Galkin O.Yu., Negriyko A.M., **Dubova H.Ye.** Increased synthesis of biologically active components of medicinal mushrooms. The International research and practice conference “*Nanotechnology and nanomaterials*” (NANO-2022). Abstract Book of participants of the International research and practice conference, 25–27 August 2022, Lviv. Kyiv: LLC APF Polygraph Service, 2022. P. 283. (Здобувачу належить обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
65. **Dubova H.,** Levchuk I., Holubets O., Miroshnikov V. Fermentation Technology Of Leaves For Flavored Drinks. 61 st Annual Science Conference of Ruse University «*New Industries, Digital Economy, Society - Projections Of The Future V*». Ruse, Razgrad, Silistra. 2022. P.475. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
66. **Дубова Г. Є.,** Мірошніков В. О., Петрашенко А. В. Фактори впливу на смакові характеристики нутріцевтиків з сирої картоплі та цибулі. *Хімія природних сполук: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю* (м. Тернопіль, 27-28 жовтня 2022 р.).

Тернопіль: ТНМУ, 2022. 187 с. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).

67. Гулій І.А., Сахацька А.О., **Дубова Г.Є.** Розробка експрес-методу визначення карбонільних сполук в харчових середовищах. *Якість і безпека харчових продуктів: матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 9-10 жовтня 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023. 187 с. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
68. **Дубова Г.**, Поєдинок Н., Климченко М. Розроблення технології напоїв із соком сирі картоплі. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 16 листопада 2023 р., м. Київ. К.: НУХТ, 2023. с.80-82 (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).

Публікації, що додатково відображають наукові результати дисертації

69. Кривошей О. І., **Дубова Г. Є.**, Арндаренко В. М. Експериментальне дослідження процесів мікрохвильового сушіння овочевої сировини під вакуумом. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Вип. 75. Харків: ХНУСГ, 2008. Т. 1. С. 179–183. (*здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті*).
70. **Дубова Г. Є.** Гайворонська З. М. Кріоконцентрування рідких натуральних ароматичних речовин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава: ПДАА, 2009. С. 36–42. (*здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті*).
71. **Дубова Г. Є.**, Чол Т. М. Перспективи використання натуральних ароматизаторів при виробництві плодкових пюре. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів* : зб. статей II Всеукр. наук.-практ. конференції (Львів, 22–23 квітня 2010 р.). Львів, 2010.

- С. 89–93. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
72. **Дубова Г. Е.** Участие ферментов в образовании аромата. *Продукты и ингредиенты*. 2013. № 11 (108). С. 8–9.
73. Безусов А. Т., **Дубова Г. Е.**, Роговая Н. В., Мельник О. И. Аргументация выбора растительных объектов для восстановления аромата. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. Серія: Технічні науки. 2015. № 1. С. 18-26. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
74. Скикевич М. Г., Волошина Л. И., **Дубова Г. Е.**, Куш Л. И. Влияние натуральных ароматизаторов на секреторную функцию слюнных желез. *Клінічна стоматологія*. 2016. № 4 (17). С. 48–54. DOI 10.11603/2311-9624.2016.4.7236. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз та обробка результатів, написання статті).
75. **Дубова Г.Е.**, Ліфіренко О. Технологія натурального ароматизатора GLV із похідних вищих ненасичених жирних кислот. *Ресторанный и гостиничный консалтинг. Инновации: науч.сборник*. Киев: Изд.центр КНУКиМ. 2018. С.64-75. DOI: 10.31866/2616-7468.1.2018.147410 (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
76. **Дубова Г.Є.**, Митченко Т.В., Пушкар І.В. Роль ароматехнологій у збільшенні туристичних пропозицій. *Вітчизняні товари на сучасному ринку: позиціонування, якість, безпечність у контексті Європейської інтеграції*. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Львів, 16 квітня 2019 р.) Львів: ЛІЕТ, 2019. С.36-41. (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів).

ЗМІСТ	
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	30
ВСТУП	31
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ АРОМАТИЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	42
1.1 Дослідження зв'язку між сприйняттям аромату, фізіологією та поведінкою людини	42
1.2 Розвиток способів отримання ароматичних речовин	53
1.3 Біотехнологічні реакції синтезу ароматичних компонентів	59
1.3.1 Ферменти, що продукують свіжі рослинні аромати	59
1.3.2 Аналіз специфічних ароматичних компонентів макроміцетів.	67
1.4 Локалізація ароматичних речовин у рослинах і реакції ароматичних компонентів	69
1.5 Властивості попередників аромату	75
1.5.1. Загальна характеристика попередників аромату	75
1.5.2. Характеристика попередників аромату ліпідної природи	78
1.5.3. Модифікації ароматоутворюючих реакцій попередників	87
1.6 Збагачення ароматичного профілю харчової продукції	95
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	101
Література до розділу 1	103
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ, ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	125
2.1 Об'єкт та предмети експериментальних досліджень	126
2.2 Методики використання ліпідів рослинної сировини	135
2.3 Методи визначення активності ліпоксигеназ у рослинній сировині	141
2.4 Методика визначення карбонільних сполук	142
2.5 Методи визначення ароматичних компонентів	144
2.5.1 Хроматографічний аналіз	144
2.5.2 Використання методу «електронний ніс»	146
2.5.3 Умови сенсорного аналізу	147
2.5.4 Число аромату: біхроматний і відносний метод	149
2.6 Опис установок для вилучення ароматичних компонентів та впливу на попередники	151
2.7 Загальноприйняті методи аналізу	154

2.8	Обробка макроміцетів низькоінтенсивним світловим опроміненням	156
2.9	Методика моделювання та статистичного аналізу	160
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	161
	Література до розділу 2	162
	РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ АРОМАТІВ	165
3.1	Порівняння впливу технологічного оброблення рослинної сировини на аромат харчової продукції	167
3.1.1	Різниця перетворення ароматичних компонентів в процесах зневоднення рослинної сировини та грибів гливи	167
3.1.2	Перетворення ароматичних компонентів в процесах сатурації/десатурації	180
3.1.3	Перетворення ароматичних компонентів в процесах варіння та при мікрохвильовому нагріванні	188
3.2	Порівняльна характеристика рідких ароматизаторів промислових та лабораторних	195
3.3	Механізм процесів руйнування аромату рослинної сировини	204
3.4	Загальні закономірності продукування ароматичних речовин з попередників	212
3.4.1	Реакції попередників аромату в умовах <i>in vitro</i> на модельних системах	212
3.4.2	Дослідження шляхів використання попередників аромату	216
3.4.3	Взаємодія попередників аромату з екстрагованими ферментами рослинної сировини в умовах <i>in vitro</i>	221
3.4.4	Дослідження взаємодії рослинних ферментів та попередників аромату рослинної сировини	227
3.5	Дослідження змін аромату при неконкурентному інгібуванні ферментативних процесів	233
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	243
	Література до розділу 3	246
	РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕРЕДНИКІВ АРОМАТУ В ГАЛУЗІ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	257
4.1	Технології використання попередників аромату ліпідної природи	258

4.1.1	Аналіз кількісного та якісного складу ліпідів рослинної сировини	258
4.1.2	Прогнозування швидкості реакцій з попередниками рослинної сировини	264
4.1.3	Вплив комплексу рослинних ферментів на технології ароматизації	272
4.2	Дослідження процесу ферментативного збагачення аромату рослинної сировини	277
4.2.1	Технологія ароматизації харчової продукції із подоланням гідрофільно-ліпофільного бар'єру	277
4.2.2	Технологія застосування желатинового желе в умовах гідрофільно-ліпофільних реакцій	292
4.3	Практичні аспекти утворення аромату харчової продукції з рослинної сировини	298
4.3.1	Вплив антиокиснювальних властивостей плодової системи на протікання реакцій утворення аромату	298
4.3.2	Особливості застосування рослинних гомогенатів	307
4.4	Фактори керованого впливу на процеси ароматоутворення	311
4.5	Реакції ароматоутворення макроміцетів при різних видах впливу	318
4.5.1	Дослідження ароматичних компонентів при ініціюванні ферментативних реакцій <i>Pleurotus ostreatus</i>	318
4.5.2	Вплив опромінення на реакції ароматоутворення та зміни складу жирних кислот макроміцетів	327
4.5.3	Вплив наночастинок та опромінення на реакції ароматоутворення <i>Ganoderma lucidum</i>	340
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	343
	Література до розділу 4	346
	РОЗДІЛ 5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ АРОМАТИЗЦІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	354
5.1	Практичні аспекти біотехнології відновлення природних ароматів у харчових продуктах на основі попередників	355
5.1.1	Принципова технологічна схема утворення аромату із використанням потенціалу сировини	355
5.1.2	Дослідження процесу ферментації листя дерев та ягід	359
5.2	Розроблення технології ароматизованих функціональних продуктів	376
5.3	Розроблення технології емульсії на основі пророщеної	388

	пшениці		
5.4	Розроблення технології отримання та практичного використання рідких ароматизаторів		396
5.5	Розроблення технології емульсійних ароматизаторів для харчових продуктів		413
5.6	Розроблення технології ароматизації окремих харчових продуктів		426
	5.6.1 Розроблення технології ароматизованої солі		426
	5.6.2 Ароматизовані соуси та м'ясні продукти		429
	5.6.3 Розроблення технології ароматизованих желатинових продуктів		439
	5.6.4 Розроблення технології ароматизації темпурних страв та фруктових супів		445
5.7	Економічний та соціальний ефекти, показники якості та безпечності ароматизованої харчової продукції		451
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5		470
	Література до розділу 5		472
	ВИСНОВКИ		482
	ДОДАТКИ		486
№	Позн		
1	А	Список публікацій Дубової Г.Є.	487
2	Б	Акт дегустаційної оцінки результатів роботи ПУЕТ	496
		Довідка про впровадження в навчальний процес	497
3	В	Хроматограми ЖК складу плодів	498
4	Г	Значення ζ -потенціалу ліпідних екстрактів та дистиллятів	500
5	Д	Гідродинамічні розміри ліпідних екстрактів та дистиллятів	501
6	Е	Характеристика продукції «БІОІЛ», акт впровадження «Стар Трейд Компані Україна»	531
7	Ж	ТУ У 10.2-01597997-001:2016 «Ароматизатори на основі концентрату жирних кислот рослинних олій «БІОІЛ»	537
8	И	Акт впровадження кафе «У Танюші»	538
9	К	Акт дегустації виробів в ПУЕТ	542
10	Л	Акт впровадження ПрАТ «Полтавпиво»	544
11	М	Акт впровадження результатів в кафе «Екватор плюс», ресторан «Таверна Фрегат»	547
12	Н	Акт виготовлення дослідної партії в підприємстві «Днепр»	551

13	П	Акт виготовлення дослідної партії продукту «Панський двір»	556
14	Р	Акт впровадження в закладі харчування «Полтавагазвидобування»	561
15	С	Акт виготовлення дослідно-промислової партії на підприємстві «Світанок»	565
16	Т	«Натуральні ароматизатори» ТУ 15.3-01597997-001:2010	566
17	У	«Ароматизатори FTNF, WONF» ТУ 10.2-01597997-003:2014	567
18	Ф	Акт впровадження концерт-хол «Версаль»	568
19	Х	Акт впровадження їдальня Могильов-Подільського технолого-економічного коледжу, ПАТ «Харчування» у Вінницькій області	572
20	Ц	Акт впровадження німецько-українське ТОВ «Злаки»	578
21	Ш	Акт впровадження ресторан «Вулкан»	583
22	Ю	Акт впровадження кафе-бар «Ханума»	585
23	Я	Акт впровадження їдальня Управління Справами Апарату Верховної Ради України	587
24	АА	«Наповнювачі ароматизовані» ТУ, ТІ 10.2–01597997-001:2013	588
25	АБ	Акт впровадження шинок «Диканька»	590
26	АВ	«Желе з ароматичною композицією» ТУ, ТІ 10.2–01597997-002-2014	592
27	АГ	«Продукти функціональні харчові на основі рослинної та грибною сировини» ТУ У 10.8-02070921-001:2023	594
28	АД	Експертний висновок 2-2024 міжфакультетської комісії з біоетики	595
29	АЕ	Акт виготовлення продукції в їдальні «Золота нива»	596
30	АЖ	Акт впровадження кафе «Зелена дубрава» , проект ТУ	598
31	АИ	Висновок науково-виробничого підприємства «Пол-ЕЙС» Полтавського регіонального фонду «Мрія»	601
32	АК	Відгук наукової лабораторії «Heals Sciences and Psychology» Єльського університету	605
33	АЛ	Стажування в лікарні Флориди (США) Health Celebration	606
34	АМ	Відгук з мережі «Diamond resorts international»	607

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АК – ароматичні компоненти
 АР – ароматичні речовини
 АОА – антиоксидантна активність
 ВНЖК – вищі ненасичені жирні кислоти
 ДЛФО теорія – Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека теорія
 ЖК - жирні кислоти
 КРФ – комплекс рослинних ферментів
 КС – карбонільні сполуки
 ЛН, LN – лінолева кислота
 ЛНЛ, LNL – ліноленова кислота
 ЛР – леткі речовини
 МВ – мікрохвильове поле
 МВС – мікрохвильова вакуумна сушарка
 МДА – малоновий діальдегід
 MUFA – мононенасичені жирні кислоти
 НЧ – наночастинки
 ОВП – окисно-відновний потенціал
 ПАР – поверхнево-активні речовини
 ПВ – пшеничні висівки
 ПНЖК, PUFA – поліненасичені жирні кислоти
 ПОЛ – перекисне окиснення ліпідів
 РАФ – рослинні ароматотвірні ферменти
 ТАГ – триацилгліцериди
 ХБК – хлорофіл білковий комплекс
 GLVs - Green Leaf Volatiles (аромати свіжого зеленого листя)
 НРОs – гідроперекиси
 LOX – ліпоксигенази
 НРL – гідропероксид ліази
 PI – індекс полідисперсності
 Ppm – мільйонна частка, дорівнює концентрації $1 \cdot 10^{-6}$
 Ppb – мільярдна частка, дорівнює концентрації $1 \cdot 10^{-9}$
 PSD профіль – particle size distribution (розподіл часток за розмірами)
 SFME (*Solvent – free microwave extraction*) – НВЧ-екстракція без розчинників
 Z,E – цис-, транс-ізомери, відповідно
 ЗРГ – заклади ресторанного господарства
 SFA – насичені жирні кислоти

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні вимоги до харчових продуктів передбачають їх безпеку для здоров'я людей. Це стимулює розвиток індустрії ароматизаторів у напрямку досягнення їхньої максимальної натуральності. Регулярні оновлення положень у законодавчих документах, нормативах, термінах, що стосуються ароматизаторів, свідчать про розвиток цієї сфери. Актуальним завданням залишається зменшення кількості ароматизаторів для продуктів харчування і, разом з цим, пошук альтернативних способів покращення органолептичного профілю. Особливого значення набувають сучасні науково обґрунтовані технології виробництва натуральних ароматизаторів, ефективне використання потенціалу сировини при відновленні втраченого аромату, розробка нових підходів до процесу ароматизації. Бізнес ароматизації є популярним, активно вивчається та сприяє впровадженням інновацій.

Унаслідок високої активності та нестійкості компонентів ароматичні речовини реагують навіть на незначніші зміни якості сировини та на всі порушення технологічної переробки. Процеси ароматизації у більшості харчових технологій є необхідними, отже потребують системних наукових досліджень в цьому напрямі. Актуальним питанням залишається розробка наукових основ отримання харчових продуктів із приємним натуральним ароматом для людей похилого віку, хворих на ожиріння і хронічні розлади, військовослужбовців та людей, які перебувають на тривалій дієті. У науковій літературі не виявлені систематичні дослідження щодо ароматизації харчових продуктів шляхом відтворення природних процесів *in vitro* з використанням попередників аромату.

Через використання синтетичних речовин для модифікації харчових продуктів у суспільстві з'являється «хемофобія» – страх перед «хімією». Сучасні технології дозволяють цілеспрямовано посилювати здатність живого організму продукувати певну реакцію отримання харчового продукту без використання харчових добавок. Ароматичні компоненти, притаманні свіжим плодам,

містяться у низьких концентраціях (0,5–5,0 %), що ускладнює їхній аналіз та відтворення природних, характерних для сировини відтінків. В законодавчих документах ЄС та України (Регламент ЄС № 1334/2008, Директива 2000/13/ЄС, Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» та ін.) введені поняття щодо попередників аромату та ферментативних способів ароматизації.

Щодо можливого відновлення свіжого аромату продуктів існує ідея, заснована на ферментативних процесах їх утворення, згідно з якою відновлення аромату залежить від присутності ароматотвірних ферментів і попередників. Започаткували дослідження в цьому напрямі американські вчені G. Dateo, R. Clapp, E. Hewitt, T. Hasselstrom, S. Bailey, E. Reese, S. Schwimmer, G. Reed. Але подальшого розвитку досліджень відновлення свіжих ароматів у термообробленій сировині за рахунок ферментативних реакцій не відбулось унаслідок інтенсивного вивчення впливу на аромат ферментів у генно-модифікованій сировині. У той же час, знання щодо властивостей рослинних ферментів та відтворення природних процесів формування аромату з їх допомогою дозволили б модернізувати та покращити процес ароматизації.

Реакції організму на аромат їжі є важливим питанням у визначенні міжкультурних переваг їжі, нейрогастрономії, аромокології. Створено оздоровчі, дієтичні харчові продукти зі зниженим вмістом солі, цукру, жиру, які потребують подолання сенсорного дефіциту для зацікавлення споживачів. Для цього потрібні інноваційні способи ароматизації продуктів. Натепер у світі розвиваються тенденції здорового органічного харчування, в якому відсутні додані ароматизатори. Отже, актуальною проблемою є дослідження дії попередників аромату задля розроблення нових підходів до ароматизації сировини та харчової продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася в межах науково-технічної роботи КПІ ім. Ігоря Сікорського за державним замовленням на науково-технічні

(експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію 0122U200933 «Розроблення методів підвищення біологічної активності харчових продуктів для спеціальних медичних цілей» (№ ДЗ/128 - 2022 від 27 вересня 2022р.) за науковим напрямом «Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань», а також відповідно до науково-дослідної роботи ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» (2008–2017 рр.), зокрема бюджетних науково-дослідних тем № 292/09, 0110U007146 «Дослідження властивостей рідких натуральних ароматичних речовин, отриманих мікрохвильовим вакуумним сушінням», № 309/10, 0110U007145 «Технології отримання натуральних харчових компонентів із заданими властивостями та перспективи їх використання», № 405/14, 0114U005410 «Технологічні інновації як фактор розвитку нанотехнологій: практичні, економічні і маркетингові дослідження».

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування біотехнологічних основ використання попередників аромату рослинної сировини та їстівних грибів для розробки умов керованого впливу на процеси ароматизації ферментативним шляхом або шляхом повторення природних процесів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі завдання:

- Розробити якісно новий підхід до технології ароматизації рослинної сировини та їстівних грибів, який полягає у використанні попередників аромату та рослинних ферментів.
- Визначити зміни ароматичних компонентів міцелію та культуральної рідини їстівних грибів *Hericium erinaceus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum* після ініціювання ферментативних окисних реакцій попередників аромату ліпідної природи фотостимуляцією посівного міцелію LED опроміненням.
- Встановити кількісні та якісні зміни ароматичних компонентів міцелію та культуральної рідини: при використанні пшеничних висівок в складі поживного середовища для *Pleurotus ostreatus*, при використанні колоїдного розчину

наночастинок Ag, Fe, Mg та LED опромінення для *G. lucidum*, при використанні LED опромінення для *Inonotus obliquus*.

- Довести ефективність зниження початкової вологості та концентрації легколетких компонентів рослинної сировини за впливу на попередники аромату для подальшого новоутворення ароматів при технологічній обробці.

- Визначити вплив технологічної обробки, як охолодження, вакуумування, мікрохвильової дії, комбінованої (мікрохвильове нагрівання і вакуумування) на зміни ароматичного профілю рослинної сировини на основі чого встановити залежність реакцій перетворень попередників у ароматичні компоненти від змін площі контакту між ліпофільними субстратами і гідрофільними ферментними системами.

- Визначити закономірності руйнування ароматів термічно оброблених гарбузових плодів та групу втрачених ароматичних речовин задля їх подальшого відновлення ферментативним шляхом.

- Дослідити умови відновлення втраченого аромату через окиснювальні реакції попередників: первинне та вторинне окиснення поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) обробленої рослинної сировини, вплив антиоксидантів та прооксидантів на вільно-радикальні процеси окиснення попередників ліпідної природи, визначити здатність плодів до повторного утворення ароматичних компонентів за змінами показників окисно-відновного потенціалу свіжих і термічно оброблених гарбузових плодів.

- Обрати перспективні стабільні джерела ліпоксигеназ, гідропероксидліаз для реакції із похідними ПНЖК та довести можливості рослинних ферментів приймати участь у реакціях з попередниками аромату без очищення та концентрування в умовах посиленого фізичного впливу.

- Сформувати модифікований ароматичний профіль функціональних харчових продуктів із сирієї цибулі та картоплі шляхом використання реакцій неконкурентного інгібування ферментативних процесів.

- Довести ефективність желатинових розчинів для посилення ефекту: ароматизації через ініціювання взаємодії між рослинними ферментами та попередниками аромату та деароматизації через бар'єр між ними.

- Встановити взаємозв'язок між змінами характеристик летких сполук ферментованого листа, зібраного в різні періоди розвитку, та здійснити сенсорний і хімічний аналіз летких речовин у напоях із ферментованого листа дерев та ягід.

- Надати науково-практичні рекомендації щодо приготування ароматизованих харчових продуктів. Розробити проекти нормативної документації на ароматизовану харчову продукцію, запровадити результати дослідження у виробництво й навчальний процес, оцінити економічну ефективність запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – біотехнологічний процес ароматизації харчової сировини, модифікація та отримання ароматичних речовин шляхом здійснення реакцій між рослинними ферментами та попередниками аромату.

Предмет дослідження – попередники аромату ліпідної природи, плодіві гомогенати, ферменти, екстраговані з рослинної сировини, умови впливу на попередники аромату (фізичні параметри, способи попередньої обробки плодів, трав, листя), умови реакцій модифікації аромату.

Методи дослідження – стандартизовані фізико-хімічні методики, газохроматографічний аналіз, прилад «електронний ніс», аналізатор Malvern Zetasizer Nano ZS для вимірювання гідродинамічного діаметру частинок та їх ζ -потенціалу, мікроскопіювання, запатентований метод визначення карбонільних сполук, методи математичної обробки даних та ін.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження.

У дисертаційній роботі на основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано й доведено наукову концепцію: ароматизація харчової сировини може здійснюватись за допомогою регульованих біотехнологічних процесів між попередниками аромату та рослинних ферментів.

Використання в харчових технологіях керованих процесів ароматоутворення дозволило сформувавши новий науково-практичний напрям, отримати ароматичні гідролати й ароматизовану харчову продукцію.

У межах реалізації наукової концепції на основі узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень *уперше*:

- встановлено, що в умовах *in vitro* реакції між попередниками аромату та рослинними ферментами в умовах вакуумного нагрівання (температура $32 \pm 2^\circ\text{C}$, розрідження 6 ± 3 кПа) призводять до утворення ароматичних речовин;

- доведено, що внесення пшеничних висівок до рідкого поживного середовища, опромінення LED в умовах чистих культур здатне ініціювати ароматотвірні реакції макроміцетів *P. ostreatus*, *I. obliquus*, *H. erinaceus*, *L. edodes*, *G. lucidum*;

- доведено, що ферментативне утворення аромату *in vitro* з попередників ліпідної природи за ліпоксигеназним шляхом можливе без попереднього виділення та очищення рослинних ферментів;

- встановлено, що для отримання висушеної сировини та дистилятів (гідролатів) з підвищеним вмістом аромату, в умовах розрідження та дії мікрохвильового поля, ефективним є попереднє часткове виділення клітинного соку або вологи з сировини;

- доведено, що процеси ферментативного відновлення аромату в термооброблених баштанних плодах відбуваються завдяки зменшенню антиоксидантної активності та окисно-відновного потенціалу.

- встановлено, що ферментація листя дерев та ягід дозволяє досягти максимального наближення до аромату плодів або цвіту, залежно від періоду збору листя;

- доведено, що гальмування ферментативного утворення аромату цибулі відбувається за участю ферментів порошку гірчиці (переважно мірозінази), хрону (переважно поліфенолоксидази), танінами чорного та зеленого

чаю, гальмування ароматоутворення міцелію макроміцетів відбувається шляхом поєднання LED опромінення та використання наночастинок Ag, Fe, Mg.

Набуло подальшого розвитку:

- використання прооксидантних властивостей рослинної сировини, синглетного кисню задля керованого впливу ферментативними вільно-радикальними реакціями окиснення;
- дослідження умов ферментативної модифікації попередників аромату білкової природи;
- дослідження міжфазної взаємодії між попередниками аромату та рослинними ферментами в желатиновому желе або гетерогенних дисперсних системах (піни);
- дослідження механоактивації, як ефективного чинника прискорення ферментативних реакцій;
- розроблення технологій подолання сенсорного дефіциту в харчових продуктах альтернативними методами ароматизації.

Практичне значення одержаних результатів дослідження. На основі результатів реалізації наукової концепції, проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено технології отримання ароматизованих продуктів та гідролатів. Обговорення практичного значення результатів відбулось під час підвищення кваліфікації з клінічного харчування в лікарні Health Celebration (США).

Розроблено та затверджено технічні умови «Продукти функціональні харчові на основі рослинної та грибнової сировини» ТУ У 10.8-02070921-001:2023, проекти технічних умов та технологічні інструкції: «Натуральні ароматизатори» ТУ У 15.3-01597997-001:2010; «Наповнювачі ароматизовані» ТУ У 10.2-01597997-001:2013, технологічна інструкція на виробництво наповнювачів ароматизованих; «Желе з ароматичною композицією» ТУ У 10.2-01597997-002-2014, технологічна інструкція на виробництво желе з ароматичною композицією; «Ароматизатори FTNF, WONF» ТУ У 10.2-01597997-003:2014; «Ароматизатори

на основі концентрату жирних кислот рослинних олій «БІОІЛ» ТУ У 10.2-01597997-001:2016.

Реалізація досліджень. Технології апробовано та впроваджено: їдальня Управління Справами Апарату Верховної Ради України (м. Київ), їдальня Могильов-Подільського технологічного-економічного коледжу, ПАТ «Харчування» у Вінницькій області (м. Могильов-Подільськ), ресторан «Вулкан» (м. Черкаси), кафе «Екватор плюс» (м. Чернівці), ресторан «Таверна Фрегат» (м. Чернівці), підприємство «Панський двір» (м. Комсомольськ), підприємство «Днепр» (м. Дніпродзержинськ), кафе «У Танюши», (м. Хорол), «Зелена дубрава» (м. Полтава), німецько-українське ТОВ «Злаки» (м. Полтава), «Світанок» (м. Полтава), ТОВ «Науково-виробнича фірма «Стар Трейд Компані Україна» (м. Дніпро), шинок «Диканька», кафе-бар «Ханума» концерт-хол «Версаль», заклад харчування ГПУ «Полтавагазвидобування», ПрАТ «Полтавпиво», їдальня ПДАУ «Золота нива» (м.Полтава).

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» під час виконання магістерських кваліфікаційних робіт і викладання дисциплін «Сервісна діяльність», «Барна справа», «Конкурентоспроможність в курортному бізнесі», «Інноваційні технології в курортній справі» (акт впровадження № 45-12/128 від 19.12.2014 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми; формулюванні наукової концепції роботи, її теоретичному й експериментальному підтвердженні; розробці програми досліджень і керівництві при реалізації; проведенні аналітичних, експериментальних досліджень та їх аналізі; формулюванні висновків; розробці нормативної документації. У матеріалах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать основні ідеї, наукове обґрунтування теоретичних положень, аналіз результатів дослідження, формулювання основних висновків. Дослідження сіалометрії на розроблені ароматизатори проводились у співпраці з доцентами Полтавського державного

медичного університету Скикевич М. Г., Волошиною Л. І., ароматизації молочної сироватки – з доцентом Сумського національного аграрного університету Синенко Т.П.

Апробація результатів дослідження. Основні результати досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку науковців і фахівців галузі на V–IX міжнародних науково-практичних конференціях «Харчові технології» ОНАХТ 2009–2015 рр. (м. Одеса), міжнародній науково-практичній конференції «Технічний прогрес в АПК» (м. Харків, 2008 р.), науково-практичній конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії (м. Полтава, 2009 р.), III Всеукраїнській науковій конференції «Хімічні проблеми сьогодення» (м. Донецьк, 2009 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства» (м. Полтава, 2009 р.), II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпека продуктів» (м. Львів, 2010 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття» (м. Харків, 2010 р.), V Міжнародному форумі «Трансфер технологій та інновації: інноваційний розвиток та модернізація економіки України» (м. Київ, 2011 р.), міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування» (м. Харків, 2013 р.), науково-практичних семінарах «Нові технології та обладнання харчових виробництв» 2013–2016 рр. (м. Полтава), міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, 2014 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість, безпека» (м. Київ, 2015 р.), III східно-європейському конгресі харчової промисловості (м. Брашов, Румунія, 2015 р.), II міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток науки, технології та техніки для виробництва, пакування, зберігання та дистрибуції харчової продукції»

(м. Пловдив, Болгарія, 2015 р.), науковому конгресі «NUTRICON 2015: Food Quality and Safety, Health and Nutrition» (Republic of Macedonia, Skopje, 2015), 8-му центрально-європейському конгресі з харчової науки 2016 «Харчова наука для добробуту» (23–26 травня 2016 р., м. Київ).

Рукопис представлений у науковій лабораторії «Heals Sciences and Psychology» Єльського університету та в мережі «Diamond resorts international» (США, 2014 р., 2016 р.), 77 науковій конференції науково-педагогічного складу ОНАХТ (Одеса, 18-21 квітня 2017 р.), «Вітчизняні товари на сучасному ринку: позиціонування, якість, безпечність у контексті Європейської інтеграції» Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Львів, 2019 р.) , «Хімія природних сполук» VI Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю (м. Тернопіль, 2022 р.), міжнародній науково-практичній конференції “Nanotechnology and nanomaterials” (NANO-2022, м. Львів), 61 st Annual Science Conference of Ruse University «New Industries, Digital Economy, Society - Projections Of The Future V» (Разград, Болгарія, 2022 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв» (м.Полтава, 2022-2023 р.р.).

Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено у 76 наукових працях, у тому числі у тому числі: 1 монографія; 27 статей у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (в т.ч. 5 включених до категорії “А”); 5 статей у наукових періодичних виданнях інших держав (Румунія, Болгарія, Сербія, Швейцарія) з напрямку, з якого підготовлено дисертацію (в.т.ч. 5, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science Core Collection; 5 статей у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1–Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 1 патент України на винахід, що пройшов кваліфікаційну експертизу; 9 патентів України на корисну модель; 25 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 489 сторінках друкованого основного тексту (без додатків) та включає вступ, огляд літератури, опис матеріалів і методів досліджень, три розділи результатів власних досліджень, висновки, список використаних джерел із 545 найменувань, з яких переважна більшість англomовні. Дисертація містить 86 таблиць, 120 рисунків. Додатки складаються з 34 документів, більшість з яких підтверджує практичні впровадження.

Авторка присвячує докторську дисертацію світлій пам'яті д.т.н., професора
Безусова Анатолія Тимофійовича.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ АРОМАТИЗАЦІЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

1.1 Дослідження зв'язку між сприйняттям аромату, фізіологією та поведінкою людини

Сприйняття запахів є найтоншим із відчуттів людини, що перевершує навіть смакові відчуття. Упродовж багатоміліардної еволюції запахи відігравали в житті людей і тварин важливу роль (для пошуку їжі, попереджали про небезпеку). Коли порушується система сприйняття запахів, порушується розвиток організму, характер харчування, виділення гормонів, а також статевий розвиток і навіть пам'ять [1, 2]. Людство здавна використовує рослинні аромати як засіб, що приносить задоволення, і отже, сприяє покращенню здоров'я. Знання про важливість сприйняття запахів для формування когнітивних і емоційних відповідей на продукти харчування і напої може допомогти поліпшити здоров'я і запобігти хронічним захворюванням, як ожиріння і цукровий діабет (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Взаємозв'язок чинників впливу аромату на поведінку людини

Нині аромати становлять більше чверті світового ринку харчових добавок. Попит на натуральні, а не синтетичні продукти постійно зростає. В останні роки дослідження ароматів поступово переміщуються з етапу визначення летких

компонентів і їх здатності до вивільнення до іншого етапу – сприйняття і мінливості. На основі розуміння стимулів, необхідних для формування сприйняття можна вирішити деякі проблеми щодо ароматизації продуктів хорошої якості зниженої калорійності (чи без жиру).

Під час споживання харчових продуктів приємне відчуття аромату може викликати щедру секрецію ферментів травлення і в такий спосіб забезпечити швидке та хороше засвоєння поживних речовин. Цінна сировина для лікувально-профілактичного харчування характеризується інтенсивним специфічним смаком, що значно покращує органолептичні показники приготованих з нею страв, а також сприяє підвищенню апетиту та підвищенню секреції шлункового соку для кращого перетравлення їжі, покращує обмін речовин [3]. Сорти хліба з борошна великих виходів або житнього борошна з їх сильним ароматом викликають високу секрецію слини та шлункового соку порівняно з пшеничним хлібом із вищих сортів борошна [4,5]. Аромати їжі можуть одночасно посилювати активність амілази в слині [6-8]. Хліб, приготований за скороченої тривалості випічки (малоароматний), призводить до уповільнення розщеплювання крохмалю в харчовому тракті [4].

Високий вміст ароматутворюючих речовин продуктів обжарювання сприяє секреції ферментів травлення. Визнано, що вміст ароматутворюючих речовин впливає на такі чинники, як збудливість апетиту (що впливає на засвоюваність). Якоюсь мірою смакові відчуття можуть змінити одночасне відчуття запаху: під час споживання діабетичних борошністо-кондитерських виробів і фруктових консервів без додавання цукру створюється відчуття менш вираженого аромату, хоча в них збережені основні носії аромату в звичайній їх кількості. Таке ж враження створює несолоний і занадто кислий хліб [4].

Відчуття і визначення характеру запаху навіть однієї і тієї ж запашної речовини різними людьми можуть сильно відрізнятись. Наприклад, запах метилсаліцилату в США та Канаді оцінюється як дуже приємний, а в Англії і Швейцарії – як смердючий, неприємний. Запахи квітів оцінюються неоднаково не лише в різних країнах, але і серед представників однієї нації. Так, виявлена

різка розбіжність в оцінці одного і того ж запаху людьми різної статі, віку, стану здоров'я. Ці й інші фактори свідчать про значну частку суб'єктивності під час віднесення того або іншого запаху до певної групи [9].

Ароматичні речовини (АР) мають бактерицидні, глистогінні, репелентні й інші властивості. Було виявлено, що олія лаванди пригнічує ріст туберкульозних бацил, а олії чебрецю, кориці, лаванди, кедр та дудника активні проти сапа та жовтої лихоманки [10]. Запахами збуджують апетит, схиляють до відпочинку, аромати володіють психотропною дією (психологічною схильністю до сліз, сміху) [11]. Ароматичні властивості ефірних олій добре вивчені в хімічному відношенні, створюють додаткові можливості різноманітного впливу на організм людини.

АР несуть сигнальну функцію, впливають на пам'ять людини, викликаючи у неї позитивні чи негативні емоції. Сприйняття запаху проявляється у сучасних дітей уже під час народження або незабаром після цього [12]. Запам'ятовування запахів суто індивідуальне: один і той же запах у різних людей може викликати різні асоціації, пов'язані з тим, за яких умов він запам'ятався. Зв'язки між смаковими відчуттями та їх формуванням на тлі навколишнього оточення та інших чинників – новий напрям у харчовій промисловості «нейрогастрономія». Виявилось, що на смак продуктів дійсно можна вплинути, не міняючи їх складу. Лабораторія Чарльза Спенса в Оксфордському університеті займається вивченням того, як різні чинники впливають на усі наші почуття одночасно, а не тільки окремо на смак, нюх або зір. «Нейрогастрономія» заснована на тому факті, що усе, що ми п'ємо або їмо, проходить через усі органи чуття, тобто мультисенсорно [13].

На симпозіумі з вивчення мультисенсорного сприйняття смаку Ерік ван дер Лінден запропонував застосовувати термін «гастрофізика» (*gastrophysics*). Як і нейрогастрономія, так і гастрофізика спрямовані на вирішення проблеми переїдання і можливість замінити «кількість» їжі «якістю». Вирішення проблеми сумісності запахів значно сприятиме в гедоністичній психології і афективній неврології [14]. Поєднання інгредієнтів їжі впливає на людей, тому були зроблені

спроби обговорити теорію сумісності запахів на науковій основі [15, 16]. Доктор Вейрман почав створення бази летких сполук у продуктах харчування (VCF), щоб ця база даних була корисною для багатьох учених в області досліджень смаку. Теорія, яка полягала в тому, що добре поєднуються продукти з однаковими ароматичними компонентами, наприклад, жасмин і свиняча печінка, що містять індол, або білий шоколад та ікра, що містять триметиламін. З часом теорія не отримала визнання і подальшого розвитку, хоча й була підтримана деякими ученими (<http://www.foodpairing.com>), які вивчали західну кухню. Західні кухні, на відміну від азійської кухні Сходу, мають тенденцію використовувати інгредієнти, що містять подібні ароматичні сполуки, підтримуючи гіпотезу харчової парності.

Антропологи й учені шукають для кросс-культур подібність і відмінності в перевазі запахів та основні закономірності в поведінці споживачів на світовому ринку. Незважаючи на велику кількість наукових підходів, жоден з них не забезпечує повного розуміння причин, що лежать в основі зміни надання переваг запахам людьми. Наукові дані свідчать про те, що (а) надання переваги запаху виникає на основі попереднього досвіду роботи із запахом, і що (б) окремий нюховий досвід – унікальний.

Запах (специфічні ноти аромату) може вирішити успіх або провал продукту. Це могло б пояснити причину того, чому матеріал або продукт, що продається в Японії, має менш інтенсивний аромат, ніж той, що продається в Німеччині. Нюховий досвід частково перебуває під впливом еволюційної спадщини. Нюх людини ґрунтується на взаємодії між фізіологічними, хімічними, когнітивними та соціально-культурними чинниками в межах окремої особи [17].

Дослідження показали, що суміш запахів гарбузового пирога та лаванди підвищує сексуальне збудження на 40 %, тоді як прославлений запах мускусу підвищує потенцію лише на 7 %. Комерційні підприємства уже давно використовують запахи для підвищення продажів. Запах виступає як реклама, потужний мотиваційний стимул [18, 19]. Розвитку аромомаркетингу сприяють дослідження в галузі «аромокології» нового наукового напрямлення з впливу

ароматів на на психічний та фізіологічний стан людини [19].

Нюх людини – це складна система, здатна уловлювати тисячі хімічних речовин. За статистикою приблизно половина дорослого населення не може сприймати запах якого-небудь продукту або групи компонентів і майже кожна друга людина є аносмиком на певний запах. Аносмія, зазвичай, пояснюється як дефект або відсутність молекулярного рецептора, що відповідає за виявлення запаху. Оцінки запаху відображають персональну емоційну реакцію на ситуацію, в якій запах сприймався уперше. Події, об'єкти або інші чинники можуть бути пов'язані із запахом. Приємні запахи обробляються повільніше на основі моментальних афективних реакцій, емоцій і оцінки генеруються мимоволі. Гедоністичні відповіді на запах утворюються швидше, якщо запах неприємний [17]. Незважаючи на досягнення аналітичної техніки, можливості найсучасніших газових хроматографів далекі від здатності наших органів чуття, що блискавично визначають і реєструють мікрокількості багатьох речовин, об'єднуючи їх у комплекс відчуттів. Нетренована людина може за допомогою органів нюху розрізнити 2000 різних ароматів, кваліфікований дегустатор – майже 10 тис. [20]. Ніс однієї людини сприймає по-різному один і той же запах – для правої ніздрі він приємніший.

Сприйняття запаху відбувається у верхній частині носової порожнини в нюховому епітелії (*regio olfactoria*). Ця область слизової оболонки носа має площу від 5 до 10 см² і містить від 3 до 50 млн рецепторів, що відповідають за нюх. Леткі речовини потрапляють на рецептори або через ніс, або через ротову та ретроназальну порожнину, де вони стають леткими у міру пережовування, просочення слиною і нагрівання їжі. Пахучі речовини досягають у людини нюхових нейронів, що утворюють нейроепітелій, по лінії виступів (раковин) у бічних стінках порожнини носа. Раковини є серією складок із кісткових бічних розширень. Першим кроком у нюху є сполучення одоранта специфічним білком (ОВР). За майже необмежені варіації сприйняття інтенсивності та якості запахів відповідають спеціалізовані клітини нюхового епітелію носової порожнини, що мають здатність виявляти слідові кількості летких пахучих речовин [1].

У цілому загальний процес сприйняття запаху на молекулярному рівні включає три послідовні стадії, які у результаті обумовлюють сприйняття дегустатора. До цих стадій відносяться рецепція, трансдукція і нейронна обробка (кодування інформації в електричні імпульси). Для пахучих речовин первинний акт сприйняття включає вибіркоче зв'язування (вважається, що воно підкорюється концептуальній структурній моделі «ключ-замок») молекули ароматичної речовини зі специфічним рецепторним білком у мембрані відповідної клітини рецептора. Під час зв'язування молекули смакоароматичної речовини з цим рецепторним білком хімічна енергія перетвориться в електричну за допомогою специфічного каскаду біохімічних реакцій [21, 22].

Фізіологічно передні лобові долі мозку розташовані у безпосередній близькості до нюхового епітелію, що створює прямий зв'язок між нюховими рецепторами та мозком. Тому сигнали від нюхових цибулин надходять до мозку швидше, ніж будь-які інші. Нейрофізіологи вважають, що так аромати безпосередньо впливають на людську підсвідомість. Нервовий імпульс від нюхової цибулини може піти практично у будь-який із відділів головного мозку, але заздалегідь передбачити в який – нейрофізіологи досі не можуть. У різних людей один і той же запах викликає активність різних частин мозку. Звідси зроблено такий висновок: люди реагують однаково лише на найпримітивніші, значиміші для життя запахи. Наприклад, сірководень, що виділяється під час розкладання білкової тканини, викликає огиду в усіх, саме це допомогло нашим предкам вижити. Сприйняття складніших запахів тісно пов'язане з підсвідомістю. У ній переважають реакції, закріплені в мозку в результаті досвіду не лише особистого, але і досвіду предків [23].

Здатність людини до запам'ятовування запахів розвинена набагато слабше, ніж до запам'ятовування кольорів і звуків [24]. Існує декілька систем і процесів, що беруть участь в оцінці запахів. Негативні запахи обробляються по-іншому, ніж приємні. Учені розрізняють запах як спогад, викликаний іншими подразниками на основі їх емоційної активності. Емоційний чинник людського нюху добре відомий у психологічній літературі [20, 23, 24]. Знайомі запахи,

зазвичай, отримують вищі оцінки, ніж приємні, але незнайомі. Емоційні реакції та оцінки запахів є безпосередніми, тоді як контроль оцінок відбувається на глибшому рівні пізнання і розуміння, що виникає згодом. Питання переваг аромату після першого пізнання залишається упродовж усього життя. Наукові дані свідчать про те, що люди починають виявляти нюхові подразники в утробі матері, які, можливо, лежать в основі формування ранніх нюхових переваг.

Включення культурних аспектів у дослідженнях переваг запахів виявилось конструктивним. Як біологічні та соціально-культурні істоти ми рухаємося у навколишньому світі та створюємо наші власні переваги запахів, які можуть бути змінені, принаймні, якщо вони неповністю сформовані. Після усього лише 15 хвилин із помірно позитивним емоційним досвідом неприємний запах згодом оцінюється як більш прийнятний, і це поліпшення зберігалось протягом тижня. Зокрема, запахами, що не дуже сильно прив'язані до конкретного джерела, можна маніпулювати за допомогою слів, що використовуються для опису цього запаху [25]. Крім того, поняття природних і синтетичних запахів є потужним посередником у перевазі для оцінки запаху.

У природних і синтетичних ароматів багато спільного, але часто споживач не може їх розрізнити, проте знаходить синтетичні аромати привабливішими, ніж природні. Суміш натуральних і синтетичних компонентів аромату дегустатори-флейвористи оцінили позитивно, вважаючи, що це 100 % натуральні компоненти. Це припускає, що споживачі будуть задоволені продуктом, який містить еквівалентну кількість штучних і натуральних компонентів. Інформація на етикетках про аромати також впливає на те, які зразки нюхатимуть у першу чергу, тобто мотивацією є емоції стосовно натуральних ароматів [25].

Досліджуються психологічні та поведінкові аспекти нюхової функції у дітей. Це розширює знання про щоденне використання нюхових сигналів і основні моменти мінливості поведінки, нюх із дитячих років. Нюх має значні наслідки в регулюванні соціальних стосунків, продовольчого задоволення, емоційного саморегулювання. Крім того, важливе значення запахів щоденного настрою виявилось вищим у дівчат, ніж у хлопчиків. Результати показали, що

дівчата були значно більше орієнтованими в нюху, ніж хлопчики, особливо відносно запахів людей, себе та довкілля. Наводяться факти, що діти, звикаючи більше до ароматів «ідентичних натуральних», не сприймають запах свіжих плодів і ягід, як приємніший та віддають перевагу їжі, обробленій ароматизаторами. Дослідження поведінкової важливості запахів у дітей робить свій внесок у розширення нашого розуміння зазначених вище проблем [26].

З віком у людини здатність розпізнавати запахи погіршується. У зв'язку з цим була констатована дієтична недостатність кальцію, міді, магнію, пантотенової кислоти, калію, селену та цинку. Коли аромат був поліпшений і розширений у продуктах харчування, встановлено, що літні люди з'їдали більше їжі. Підвищення аромату їжі для літніх людей у пенсійному будинку призвело до поліпшення імунної функції, що не була пов'язана зі зміною поживних речовин або біохімічного статусу. Споживання ароматизованої їжі упродовж 3-х тижнів призвело до збільшення сили рук і підвищення міцності зчеплення в обох руках. Ці дані узгоджуються з висновком, що харчування є не єдиним чинником функціонування імунної системи в осіб літнього віку та може бути пов'язане зі стимуляцією лімбічної смакової системи, ефектами ендогенних ендорфінів [27].

Ендорфіни – багатофункціональні пептиди, що регулюють емоційне та фізіологічне благополуччя. Короткострокові дослідження молодих людей показують, що задоволення, як відповідь на продовольчі аромати, опосередковані ендогенною опіоїдною активністю [28, 29]. Дія ендорфінів пов'язана з їжею і функцією імунної системи [30, 31]. Покращення аромату їжі припускає опіоїдну діяльність і пов'язане з цим підвищення імунітету.

Відомо майже 17 тис. речовин, що мають запах. Нині знання про фізіологію нюху недостатні. Існує багато гіпотез (стереохімічна, квантова, ферментативна, абсорбції, дипольна та ін.), що намагаються пояснити фізико-хімічну взаємодію запашних речовин і рецепторів. Так, стереохімічна теорія ґрунтується на припущенні, що саме форма та розмір молекули речовини, що має запах, обумовлюють виникнення відчуття запаху, а форма та розмір рецепторів запаху такі, що хімічні речовини із запахом відіграють роль «ключів» до

«замків». Стереохімічна теорія не давала вичерпної відповіді на питання про механізм активації нюхових рецепторів у людини. Згідно з квантовою (вібраційною) теорією рецептори реагують не на форму та розмір молекул, а на їх коливальні властивості, на рухи атомів молекул один відносно одного. Теорія отримала назву «магнітної карти» і ґрунтується на тому, що ароматичні компоненти внаслідок різної маси мають різні коливальні енергії вуглець-водень. Проте один із постулатів цієї теорії, який припускає, що у нюхових рецепторів не повинно бути агоністів і антагоністів, нещодавно був спростований японськими ученими [32].

Згідно з механізмами категоризації нюхових сигналів у 2012 році ізраїльськими фізіологами відкритий феномен, який показує, що під час збільшення кількості компонентів у суміші її аромат стає усе менш помітним. На сприйняття запахів і смакові відчуття впливає «білий запах» - ефект змішування великої кількості запашних речовин [33]. Від рецепторів сигнали по нюховому нерву надходять у нюхову цибулину, що містить численні клубочки (гломерули). Кожен клубочок сприймає сигнали тільки від одного типу рецепторів. Отже, різні запахи призводять до збудження різного набору клубочків. Нюхова цибулина розбиває усе різноманіття сигналів, що надходять, на більші категорії, які спрямовуються до кіркового нюхового центру. Через особливу властивість ароматів викликати сприйняття розділяють сенсорні пороги: виявлення, стимулу (*detection threshold, stimulus threshold*); розпізнавання (*recognition threshold*); диференціальний (*difference threshold*); насичення, рубіжний поріг (*terminal threshold*); підпороговий, надпороговий (*supr - sub - threshold*) стимули [34].

У цілому загальний процес сприйняття запаху та смаку на молекулярному рівні містить три послідовні стадії, які обумовлюють сприйняття дегустатора. До цих стадій відносяться рецепція, трансдукція і нейронна обробка (кодування інформації в електричні імпульси). Проте схожість структур молекул запашних речовин не завжди означає схожість їх запахів. Крім того, на запах сильно впливає явище ізомерії (наприклад, цис- і трансізомери можуть дуже сильно відрізнятися за запахом) – ізованілін, на відміну від ваніліну, не пахне [35, 36].

Достатній вміст у продуктах ароматуючих речовин сприяє збільшенню секреції ферментів травлення, рівня ендорфінів, підвищенню імунітету організму. Проте сприйняття аромату, його ідентифікація, оцінка й емоційні реакції залишаються індивідуальними й остаточно не прогнозованими [37].

Незважаючи на усю різноманітність рослинних АР, більшість із них відносяться до трьох основних груп: терпени, фенілпропаноїди/бензеноїди та похідні жирних кислот [38]. Ароматичні компоненти відносяться до вторинних метаболітів рослин, які не є життєво необхідними, але виконують важливі функції в житті рослин: захисну, сигнальну, стимулюючу, інгібуючу та ін. На підставі аналізу даних про склад смакоароматичних речовин харчових продуктів можна виділити деякі однорідні (за хімічною будовою) групи визначаючих речовин, що роблять істотний внесок у формування певних ароматів. До таких груп можна віднести: аліфатичні альдегіди – для аромату цитрусових; аміни – для аромату морепродуктів; діони (мальтол, циклотен, фуранеол) – для аромату олії, карамелі; лактони – для аромату абрикос, кокосових горіхів, персиків, вершків та ін. Ароматичні речовини групують, як правило, не за хімічними класами, а за їх характеристиками [34].

Класифікація у вигляді «колеса ароматів» дозволяє отримати уявлення про найбільш важливі ароматичні тони та відповідні хімічні сполуки. Наприклад, для оцінки пива складене колесо смаку й ароматів [39]. Фахівцями в галузі харчових ароматів запропонована узагальнена матриця аромату для харчової промисловості, на основі якої з'являються найрізноманітніші запахи, як результат комбінацій представників із 16 секторів (сірковисті, часникові; селерові, супові; грибні, землісті; молочні, масляні; жирні, згірклі; м'ясні, тваринні; гідролізати рослинного білка; карамельні, горіхові; смажений, пригорілий; деревні, димні; прянощів, лікарських трав; квіткові; м'ятні, камфорні; цитрусові, терпенові; фруктові, ефірні; зелені, свіжі, листові) [34].

Відомо, що ароматичних речовин налічується декілька тисяч, у продукті ароматичні компоненти становлять лише тисячні частки від його маси.

Класифікація харчових ароматизаторів пов'язана з належністю їх до відповідних класів органічних речовин [40, 41]. Ароматизатори розділяють на такі складові: *ключові, додаткові та відтінки речовини*. Для багатьох ароматів ключових речовин не виявлено. Часто основний напрям аромату визначає не одна, а декілька речовин [34]. Одна й та ж речовина в різних ароматах може бути як ключовою, так і додатковою або відтінком. Наприклад, на основі 16 загальних компонентів представлено склад ароматизаторів яблука, банана, груші й ананаса, в яких змінюється концентрація ключового компонента [42].

Коректний опис профілю ароматизатора є, по суті, рецептом його реконструкції. Сприйняття аромату може бути умовно підрозділене на ряд «чистих» тонів, а потім відновлене шляхом компонування цих тонів у потрібній пропорції [43]. Чим складніша кулінарна обробка (включає кілька теплових операцій, наприклад, обсмажування і тушкування інгредієнтів), тим складніше описати аромат готової страви.

Природні та синтетичні аромати – суміші декількох хімічних речовин, що використовуються для заміни аромату харчових продуктів. У більшості випадків ці суміші імітують аромат природних. Деякі добавки цієї групи також виконують інші функції у харчових продуктах: антимікробну активність, желатинування та ін. Існує більше 1700 природних і синтетичних сполук, доступних для надання аромату продукту. Серед них важливу роль відіграють підкислювачі, зменшуючи загальний рН їжі. Більшість із цих підкислювачів є органічними кислотами, на деякі з них немає обмеження: оцтова (E260), молочна (E270), яблучна (E296), лимонна (E330), пропіонова (E280), бурштинова (E363), тоді як інші кислоти представлені з рівнем дозволу ADI (міліграм/кг ваги тіла): фумарова (E297), винна (E334), адіпінова (E355) [44].

Таким чином, багатовіковою історією підтверджено, що аромати є важливою частиною функціонування людського організму. Людина оцінює аромат суб'єктивно, в більшій мірі іраціонально. Поява таких напрямів, як аромакологія, нейрогастрономія, «білий запах» свідчить про те, що наукові розробки з розвитку ароматехнологій є складними, але затребуваними та

перспективними.

1.2 Розвиток способів отримання ароматичних речовин

Перші спроби використовувати аромати рослин відомі в Стародавньому Єгипті. Винахід алхіміками перегінного куба дав новий поштовх до отримання ароматичних речовин. Вважається, що Авіценна перший отримав трояндову воду – дистилят із троянди столої. Приблизно з другого десятиліття XX ст., у період відкриттів у галузі органічного синтезу, почали широко застосовувати штучні аналоги рослинних АР. Поступовий розвиток способів отримання ароматичних речовин та ароматизації харчової продукції складаються з двох генеральних систем: інноваційної та еволюційної (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Розвиток способів отримання ароматизаторів харчової продукції.

В межах еволюційного розвитку удосконалювались основні способи отримання ароматичних речовин – екстрагування, уловлювання, утворення і т.д. Досліджені процеси вивільнення ароматичних сполук при гідролізі попередників за різних умов: подрібнення, теплової обробки, ферментолізу. У науковій літературі простежується важливість розвитку альтернативного шляху отримання ароматизаторів та ароматизації харчової продукції, дослідженим раніше. Серед сучасних ароматизаторів особливе місце займають олеогуми (маслосмоли) – складні багатоконпонентні суміші природних органічних речовин, які є біологічно активними складниками харчових продуктів. Вони відповідають основним вимогам, зберігаючи аромат і смак натуральних спецій.

Олеорезини, як і ефірні олії, відрізняються мікробіологічною чистотою, можуть бути стандартизовані за інтенсивністю аромату й смаку та нанесені на водорозчинні основи (наприклад, сіль, декстроза, різні види борошна чи дріжджі) для створення сухих розчинних продуктів. Деякі олеорезини додатково обробляють для покращення їхніх властивостей, наприклад, шляхом створення сумішей олеогумів із ефірними оліями (максимально наближеними до натуральних спецій), емульсій олеогумів (водо- та жиророзчинних), а також порошкових або пудрових сумішей на розчинних носіях [45].

Накопичення досвіду, за Д. Сахалом [46], не пов'язане безпосередньо з негайним технічним прогресом – цей зв'язок є довгостроковим. Лише з часом накопичений досвід породжує деякий «вибух розвитку». Оскільки технічний прогрес часто набуває форми безлічі дрібних нововведень, що виконують (за незначності кожного окремо) кумулятивну дію, далі нами розглянуті інноваційні способи отримання ароматичних компонентів, які пов'язані із розвитком напряму застосування попередників аромату.

Інноваційний шлях для отримання ароматизаторів, заснований на мікробному біосинтезі або біоконверсії попередників аромату, описаний у роботах М. Горгорі [47]. Біотехнологічні підходи розділяють на два класи: мікробіологічні та ферментативні. Мікробіологічні методи, що використовуються для синтезу натуральних ароматів, підрозділяють на *de novo synthesis* і біотрансформації. Перший метод полягає у виробництві ароматичних сполук після метаболізму клітин за допомогою простих засобів масової культивування, тоді як біотрансформація відноситься до використання мікробних клітин з перетворенням попередника на бажаний продукт. Синтез *de novo* має бути використаний для складних сумішей або сумішей продуктів, тоді як біотрансформація здатна виконувати однокроковий процес. За рахунок використання екзогенних глікозидаз стало можливим підвищити інтенсивність аромату фруктових соків, вина. Ароматичні сполуки можуть бути представлені в плодах у вільному стані та/або у формі глікозидів [48]. Значна частина важливих ароматів у більшості фруктів накопичується у вигляді нелеткої фракції, що відома

як глікозидний попередник аромату, який був виявлений у різних частинах рослин: зелені частини, коріння і насіння [49]. Гонзалес-Помбо та інші працювали над підвищенням аромату вина з іммобілізованим *A. niger glycosidase* і продемонстрували важливість екзогенних глікозидаз у поліпшенні винного смаку. Обробка мускатного вина біокаталізацією упродовж 20 днів призвела до збільшення кількості вільних монотерпенів (від 1 119 до 2 132 г/л) [50].

Головною причиною низького рівня продуктивності й ефективності біосинтезу є накопичення гідрофобних ароматичних сполук, що мають інгібуючий ефект у ферментативному середовищі [51]. Видалення цих продуктів є потужним інструментом для подолання цих обмежень. Видокремлення аромату від середовища бродіння та інших біологічних середовищ є непростим завданням, оскільки аромат, як правило, розведений у складній матриці. Застосування органофільної первапорації (OPV) отримало значну підтримку як потенційно відповідна технологія для безперервного видалення летких сполук. Кількість досліджень OPV збільшилася за останні декілька років. Вона завжди розглядалася на основі мембранної технології, що має великий потенціал для помірному відновлення природних ароматичних сполук. Термін «первапорація» означає мембранний процес для розподілу рідких сумішей. OPV можна розглядати як процес вакуумної перегонки, в якому водна або парова суміш, що містить фракції летких сполук, контактує з гідрофобною, непористою полімерною мембраною. А вакуум встановлюється для забезпечення рушійної сили селективного масопереносу з сировини. Загалом, первапорація технологічно підходить для селективного видалення летких речовин з малою атомною масою ($MW < 200$ Да). Первапорація впливає на селективність не лише відмінностями в тиску пари, а також відмінностями в розчинності та дифузності компонентів, що розділяються, в мембрані полімеру [52].

Незважаючи на велику кількість технологічних розробок і технічних прийомів, відігнати аромат, близький до натурального, як і раніше складно, переважно через відсутність «свіжих нот» у рідких ароматизаторах. Існують такі способи відновлення натуральності:

- випаровують 10 % води і першу фракцію відправляють у готовий дистилят;
- використовують технічний прийом «ефект розподілу»;
- використовують під час випарювання не лише сік, але й ароматичний екстракт (спиртовий), заморожування плодів і ферментну обробку плодів [53];
- сучасні підходи до вирішення питання: (первапорацією виділяють свіжі компоненти; надкритична флюїдна CO₂ екстракція; витягання низько поляризованою водою (PLPW); використання таких властивостей води, як когерентність, несепарабельність і сепарабельність, що характеризують аномальні властивості води).

Інтерес до води викликаний її унікальною здатністю змінювати свої фізико-хімічні параметри, такі як діелектрична проникність, в'язкість, теплоємність, коефіцієнт дифузії і щільність залежно від тиску та температури. Вода в цих умовах поводить себе подібно до полярного органічного розчинника. Властивості води використовують, з одного боку, як медіум для розчинення-екстракції органічної речовини, що знаходиться в рослинному матеріалі, з іншого – як реагент у хімічній реакції, що відбувається в середовищі, хімічні властивості якого управляються температурою, тиском і каталізаторами. Досліджена екстракція субкритичною водою біофлавоноїдів, алкалоїдів й інших біоактивних речовин [54]. Температура води впливає на вилучення двома способами: по-перше, змінюючи діелектричну константу води і, таким способом, розчинність цільових сполук, і другий – впливаючи на порушення взаємодії між аналітами та матрицею.

Останнім часом застосування мікрохвильової енергії стало об'єктом великої кількості досліджень з точки зору реальної альтернативи звичайній процедурі екстракції ароматичних компонентів [55]. Розчинення у мікрохвильовій екстракції (SFME) засноване на поєднанні нагрівання в мікрохвильовій печі та сухої перегонки, що здійснюється за атмосферного тиску. SFME уже застосовувалось для вилучення ефірної олії з ряду свіжої рослинної сировини або змочених висушених матеріалів у харчовій і фармацевтичній

промисловості, має значний потенціал для майбутніх застосувань [56]. У спробі зрозуміти виділення аромату в мікрохвильовій печі сформульовано дві теорії: дельта T і тиску пари. Згідно з першою теорією були розроблені експерименти з чистими молекулами аромату, щоб передбачити вивільнення сполук внаслідок їх теплоємності та діелектричних властивостей. Проте, коли були випробувані харчові продукти, ніяких співвідношень між ΔT випаром і ароматом не було знайдено. Крім того, ароматичні сполуки в жирі або воді з вищою мікрохвильовою абсорбцією і вищими рівнями НВЧ-нагрівання переважно не були виділені за допомогою мікрохвильового нагрівання порівняно з тепловою банею. Ця теорія не застосовується до смакових сполук у продуктах харчування, оскільки властивості їжі, а не смакові сполуки впливають на теплові характеристики. Водночас збільшується кількість свідчень на користь теорії тиску пари [57, 58]. Відомо, що в полі НВЧ не відбуваються специфічні процеси [59], але більшість дослідників вказують на різницю в ароматі продуктів після МВ обробки [60, 61]. НВЧ нагрівання відрізняється від конвективного селективністю стосовно ліпідів і оводненого компоненту, вивільненням вільних жирних кислот із ліпідів [62]. При мікрохвильовому нагріванні збільшується активність ферментів і, відповідно, це впливає на кількість і якість продуктів біосинтезу ароматів [63]. НВЧ нагрівання збільшує рухливість компонентів, їх дифузію, що може вплинути на вірогідність ефективних контактів, а також сприяє уникненню розкладання термічно нестабільних сполук. Перегрівання полярних розчинників і нагрівання точок, що не містять розчинників, – умови для прискорення реакції у НВЧ полі [64]. Використовують комбінацію ультразвуку та НВЧ для вилучення ароматичних компонентів рослин з великою перевагою заощадження часу та підвищення якості екстрактів [65, 66]. Час екстракції залежить, в основному, від дифузії, ультразвук значно прискорює процес, руйнуючи клітинні стінки та тканини.

Вакуумні сушарки з мікрохвильовим нагріванням використовують для сушіння матеріалів чутливих до високих температур. Останнім часом розроблені технології сушіння плодів ніжної консистенції (полуниці, бананів, листя). Наукові розробки в цій галузі пов'язані з режимами сушіння, їх інтенсивністю і

якістю готової продукції, яка вище, ніж за інших способів сушіння у тому числі за ароматичними показниками [67]. Під час вакуумного сушіння з мікрохвильовим нагріванням (ВСМН) разом із водяними парами з сировини виділяються легколеткі ароматичні компоненти, які намагаються зберегти в початковій сировині, утримуючи за рахунок уведення осмотичних речовин. Наприклад, існують публікації та патенти, в яких описані технології збереження ароматичних речовин під час ВСМН за рахунок занурення сировини у цукрові розчини. Питання уловлювання ароматичних компонентів під час ВСМН відсутнє через ряд причин:

- описані технічні обмеження, пов'язані з використанням вакуумного сушіння і збором конденсату [68];
- невисока температура пари (приблизно 40 °С) на виході з ВСМН не передбачає процес їх конденсації;
- не накопичено достатньо матеріалу про склад водяної пари та властивості легколетких ароматичних компонентів (може бути помилкова думка, що крапельки води не містять аромат або, що аромат накопичується тільки в повітряній фазі).

Водяна пара, виділена з сировини під час ВСМН, після конденсації є водою з ароматичними компонентами. Проблема полягає в тому, що цю водяну пару й ароматичні компоненти не уловлюють у промислових установках. На лінії виходу водяної пари в сучасних установках ВСМН встановлюють ексікатори для обезводнення повітря, що виходить.

З метою відмови від хімічних компонентів у США розроблено спосіб посилення аромату харчових продуктів, піддаючи продукт дії акустичних хвиль від низькочастотного звукового перетворювача. Акустично оброблені харчові продукти можуть бути перетворені з низької якості та менш дорогої їжі в кращі показники під час дегустації. Продукт може бути занурений у рідину або може бути розташований у діапазоні приблизно від 1/4 дюйма і до 20 футів. Харчова сировина або продукт піддається дії хвиль на частоті в діапазоні від ≈ 1 Гц до \approx

1000 Гц, оптимально 600 Гц упродовж приблизно від 1 хв до 24 год, оптимально приблизно 30 хв [69].

Зацікавленість фізичними процесами вилучення ароматичних речовин, спроби відтворити їх синтетичні аналоги, розвиток досліджень генномодифікованих продуктів, у тому числі й із заданими ароматичними властивостями стали причиною зниження інтересу до напрямку, описаного вище [70]. Надалі зацікавленість в ароматичних конденсатах стала збільшуватись у зв'язку з появою промислових дистилятів – гідролатів.

Можна констатувати, що збільшення виходу ефірних олій зайняло провідне місце в дослідженнях українських вчених щодо ароматичних сполук [71]. У галузевій лабораторії Національного університету харчових технологій д.т.н. Фроловою Н. Є., разом із співробітниками було підготовлено ряд дисертацій з питань вилучення та аналізу ефірних олій рослинної сировини [72].

Закони та нормативні акти, необхідні для захисту й безпеки споживача, значно впливають на виробництво ароматизаторів та способи отримання АР. Наприклад, потенційні алергени заборонені до використання у якості ароматизаторів. Згодом з'явилися додаткові закони щодо маркування, яке містить інформацію не лише про безпечність, а й про натуральність, релігійний статус, органічне походження, генетичну трансформованість та ін.

Таким чином, серед сучасних способів отримання ароматизаторів до інноваційних можна віднести такі, що забезпечують максимальну ідентичність аромату плодів, використовують потенціал попередників аромату або пов'язані з розвитком процесів фізичного впливу на сировину.

1.3. Біотехнологічні реакції синтезу ароматичних компонентів

1.3.1 Ферменти, що продукують свіжі рослинні аромати

Утворення аромату шляхом ліпідної деградації ґрунтується на реакціях α , β -окиснення або оксигеназних перетвореннях. Ланцюжок перетворень – від активації ліпаз до утворення інших летких речовин здійснюється з високою швидкістю. Як правило, ароматні сполуки з жирних кислот утворюються шляхом

ферментативних каталізованих процесів деградації. Ферментативній окиснювальній деградації жирних кислот передують дії ацил-гідролаз, які з ліпідів (ацилгліцеролів) вивільняють вільні жирні кислоти. Зміна співвідношень між лінолевою і ліноленою кислотами в рослинних клітинах, зменшення активності ліполітичних ферментів досліджене під час розвитку листя сої [73]. Вважається, що ліпази й оборотні реакції гідролізу, що протікають з їх участю, є медіаторами утворення летких ефірів. Доказів такої дії ліпаз у плодах немає, проте такі реакції проходять при зброджуванні дріжджами; слабкий фруктовий запах може бути обумовлений присутністю ліпаз, які також роблять свій внесок в аромат зрілого сиру. Ліпази, що використовуються для формування пікантного смаку й аромату дозрілих сирів, швидше за все, у ферментативних реакціях утворення аромату мають обмежену дію. Передусім, процес гідролізу ліпідів під дією ліпаз призводить до збільшення концентрації вільних жирних кислот, тобто цитотоксичної ситуації для плоду. Вільні жирні кислоти модулюють активність фосфоліпаз, іонних каналів, АТФази, G-білків і протейнінази; вони також регулюють фосфоінозитидний і сфінгомієліновий цикли, гормональний сигнал і транскрипції генів [74].

Деякі дослідження показали, що переважно субстратом для виробництва GLVs (зелений і свіжий аромат) є галактоліпіди [75]. Якщо активність ліпаз надзвичайно висока, то фосфоліпіди і, нарешті, моно-, ди- та тригліцериди також метаболізуються [76]. Галактоліпід присутній у тіалкалоїдній тканині мембран і містить велику кількість трієнових кислот, таких як C18:3 і C18:2, тоді як фосфоліпіди становлять основну частину рослинної клітинної мембрани. Як правило, галактоліпазна (ГЛ) й інші рівні активності ліпази, природно, дуже низькі в рослинах. Швидке вивільнення вільних жирних кислот із галактоліпіду, таких як моногалактозилдіацилгліцерол (MGDG), може бути пов'язане з деякою індукційною захисною системою.

Поліненасичені жирні кислоти та їх похідні (тобто моноацигліцери, аміді й оксиліпіни) функціонують як ефектори біологічної активності. Крім того, ферментативна оксигенація ненасичених жирних кислот призводить до

утворення широкого спектра високоактивних оксиліпінів, що функціонують як сигнальні молекули. Оскільки оксиліпіни синтезуються з полієнових жирних кислот у відповідь на різні біологічні подразники, їх вимірювання дає кількісне відображення стану клітин і тканин. Значна частина окиснених ліпідів, присутніх у біофлюїдах і тканинах, специфічно біосинтезуються з ПНЖК під дією чітко регульованого ферменту (-ів). Кількість і типи оксиліпінів у біофлюїдах були використані для позначення запального, пошкодженого та явно хворобливого стану [77].

Відомо, що ферментативні процеси під дією ліпаз не залежать від масової частки води [78]. Важливим процесом за участю ліпаз є спрямований перерозподіл ацильних груп ліпідів, що дозволяє отримувати ліпіди із заданою структурою. Цей процес проводиться в «мікрководному» середовищі, тобто в органічному розчиннику або в середовищі самого ліпідного субстрату, що виконує роль «розчинника» (вміст води в цьому середовищі не перевищує 1 %). У цих умовах ліпази каталізують не гідроліз ефірів, а їх (ре)синтез. Відомо, що ліпази не взаємодіють із субстратом до тих пір, поки його концентрація не перевищить їх розчинність, і на поверхні розділу фаз не почнеться утворення колоїдних агрегатів типу міцел.

Багато з аліфатичних складних ефірів, спиртів, кислот і карбонільних сполук, знайдених у плодах, є похідними від окиснювальної деструкції лінолевої і ліноленової кислот. Формування С₆-альдегідів змінюється у міру розвитку листя: молоде листя (висока концентрація ліноленової кислоти) підвищує рівень С₆-альдегідів, що складаються переважно з гексаналю. У міру розвитку листя (зміна складу ПНЖК, збільшення лінолевої кислоти) рівень формування С₆-альдегідів помітно зменшується, при цьому збільшується вміст гексеналів [79].

Деякі з летких сполук, отриманих із фермент-каталізованих окиснювальних розпадів ненасичених ЖК можуть бути також отримані автоокисненням [80]. Процеси окиснення і автоокиснення ліпідів призводять до різних кінцевих продуктів, особливо в харчовій сировині, де не лише ліпіди

можуть вступати в реакцію з ліпідними вільними радикалами, гідроперекисами, альдегідами [81].

Аналіз ароматичних сполук, сформованих під час катаболізму жирних кислот (ЖК) цитоплазматичних мембран, виявляє різниці, пов'язані з ізомерними формами ферментів і їхніх субстратів. При стресових чинниках в останні декілька років було виявлено, що оксигеновані похідні ПНЖК звільнюються з мембранних фосфо- та гліколіпідів. Параметри плинності мембран є визначальними для функціонування безлічі мембранозв'язаних ферментних систем, морозостійкості рослин [82]. Холод викликає зниження плинності мембран, що може бути компенсовано десатурацією мембранних ліпідів жирних кислот десатуразами. Одним із механізмів адаптації рослин до зниження температури є збільшення ступеню ненасиченості залишків жирних кислот у клітинних мембранах. Введення додаткових подвійних зв'язків у вуглеводневі ланцюжки ліпідного подвійного шару призводить до зменшення температури фазового переходу з рідкокристалічного в твердий стан і забезпечує необхідну плинність мембран за знижених температур [83]. Утворення подвійних зв'язків у залишках жирних кислот каталізують десатурази жирних кислот. Десатурази жирних кислот – це ферменти, що каталізують перетворення одинарного зв'язку між атомами вуглецю в ацильних ланцюгах (C-C) у подвійні зв'язки (C = C). Зниження температури навколишнього середовища на 10°C у дозрілих ізольованих плодах спричиняє лише 3%-у зміну молекулярної рухливості ліпідів [84]. Ця зміна частково достатня для активації десатурації мембранних жирних кислот, що згодом впливає на фізичні властивості цитоплазматичних мембран. У трансгенних рослинах томатів введення дріжджових Δ -9 десатураз ефективно збільшує вміст пальмітолеїнової кислоти, 9, 12-гексадієнової кислоти та лінолевої кислоти, супроводжується це зниженням пальмітинової та стеаринової кислоти [85]. Зміна профілю жирних кислот пов'язана зі зміною певних ароматичних сполук, отриманих із жирних кислот, особливо цис-3-гексенолом, 1-гексанолом, гексаналем і цис-3-гексеналем. Було встановлено, що ліпідні перестановки плазматичних мембран відбуваються у відповідь на низькі

температури і цей процес супроводжується адаптивною зміною мембранних біофізичних властивостей [86].

Рослинна ліпоксигеназа (LOX), що відіграє важливу роль у захисті клітин і утворенні аромату, уперше була виділена в 1995 р. із соєвих бобів. Це один із найбільш вивчених ферментів фруктів і овочів [87]. LOX розглядають як фермент, відповідальний за утворення вторинних летких сполук, що безпосередньо впливають на сприйняття людиною аромату. LOX класифікується як лінолеат: кисень 13-оксидоредуктази (ЕС 1.13.11.12). Проте багато ізоферментів LOX, що були ретельно охарактеризовані, каталізують окиснення інших субстратів, таких як лінолеат: кисень 9-оксидоредуктази. Диференційованої або загальної номенклатури для цих ферментів не існує. У рослинах LOXs знаходяться в усіх тканинах із декількома винятками. LOX, як правило, розглядається як розчинний фермент, що знаходиться в цитоплазмі, але останні дослідження показали набагато складнішу організацію [88]. Активність ліпоксигенази в суспензії гомогенатів із томатів, огірків, олив, болгарського перцю, яблук, базиліку, полуниці, бананів є визначальною у процесі утворення аромату [89]. Використання гомогенатів рослинної сировини дозволяє використовувати ферменти без їх попереднього трудомісткого виділення і очищення, без енерговитрат на діаліз або ліофілізацію. Це підтверджено дослідженнями з вивчення характеристики ферментів, як із попереднім екстрагуванням, так і без нього, болгарського перцю на субстратах поліненасичених жирних кислот [90]. Аналіз ароматів, отриманих шляхом катаболізму жирних кислот цитоплазматичних мембран, показує відмінності у дії ферментів. Активність ферментів відрізняється залежно від стадії зрілості плодів. Наприклад, у болгарському перці активність ліпоксигеназ вище в зеленій стадії зрілості, тоді як у томатів [91], навпаки, – у зрілій стадії. Дія ліпоксигеназ у стиглих і нестиглих плодах суниці – однакова. Ліпоксигеназні ізомерні форми можуть мати певні місця в різних відсіках клітини з тимчасово диференційованою діяльністю [92]. Проведено цілий ряд досліджень з використання екзогенних форм ліпоксигеназ у гомогенатах із суперечливими

результатами змін концентрацій летких речовин. Деякі дослідники вважають, що інактивація ліпоксигеназ рослинної сировини позитивно позначиться на смакових характеристиках харчових продуктів з томатів, зелених бобів, соєвого молока й інших. Інша точка зору полягає в тому, що прискорення або уповільнення ферментативних реакцій може призвести до небажаних змін у запаху продукту [93]. Найменша тривалість бланшування цибулі-порею, базиліка, шпинату призводить до максимального руйнування гексаналів і гексеналів. Тому ферменти, що беруть участь в окисненні ліпідів, їх гідроперекисів і інших продуктів реакцій, ретельно вивчаються науковцями світу [94]. І. Агуйліо-Агуйо, Д. Олью показують, що навіть невелике збереження активності ліпоксигенази в приготованому полуничному соку (технологія тонкоподрібнених плодів) сприяє значному поліпшенню аромату в готовому продукті, на відміну від зразків, підданих тепловій обробці [95]. Е. Йлмаз, К. Тандон показали, що існує незначна або взагалі відсутня кореляція між активністю ферментів ліпоксигенази, гідропероксид ліази, алкоголь дегідрогенази та концентраціями мінливих складів ароматів, отриманих із ліпідів. Прогнозуючі моделі були складені для гексаналю, транс-2-гептаналю, пентенона, цис-3-гексеналу, транс-2-гексеналу, цис-3-гексенола та метанолу як функції активності одного або більше ферментів. З активністю ліпоксигенази та гідропероксид ліази пов'язана модель утворення гексаналю, транс-2-гептеналю і пентенона, тоді як цис-3-гексенал утворюється у зв'язку з достатньою активністю гідропероксид ліази, а транс-2-гексенал – активністю ліпоксигенази в моделях. Коефіцієнти кореляції, що пов'язують діяльність ферменту та концентрацію ароматичних компонентів, що змінюється, показують, що співвідношення не є прямими [96]. К. Вільянен, М. Лілль проаналізували зміни запаху томатів під час обробки за двох температур (20 і 60 °С) і тисках (атмосферному та 800 МПа) [97]. Авторами встановлено, що обробка за 800 МПа і 60 °С призводить до значного збільшення інтенсивності запаху приготованого томатного напою, завдяки активності ліпоксигенази. Родріго Д. і співавтори показали, що ліпоксигенази томатного соку повністю інактивуються за 60 °С

упродовж 12 хв. З іншого боку, дія ліпоксигенази томатів підвищується зі збільшенням тиску (до 400 МПа). Це може бути викликано збільшенням виходу ліпоксигеназ із мембран [98]. Останнім часом в установках з високим гідростатичним тиском і низькою температурою обробки вдається зберегти активність ліпоксигенази та гідропероксид ліаз, що сприяє збереженню натурального аромату в готовому продукті [99].

Дія ліпоксигенази позначається на отриманні репрезентативних ароматичних екстрактів зі свіжого рослинного матеріалу через можливу зміну леткого профілю [100]. Порівняння леткого профілю, отриманого динамічною вибіркою вільного простору ГХ аналізу свіжого листя базиліка і бланшованого у воді, показало численні леткі C_6 і C_9 альдегіди у свіжих зразках, тоді як ці сполуки були в слідових кількостях у бланшованих. Ліпоксигенази виділені із зерен нуту, ячменю, рису, а також плодів баклажан, томатів, ківі й ін. [68].

Ліпоксигенази з різних джерел відрізняються ізоформами, оптимумом рН, регіо- та стереоселективністю. Багато LOX рослинної сировини регіоселективні при окисненні атома вуглецю C_9 лінолевої або ліноленової кислоти (соя). Інші ізоформи регіо-стереоселективності не мають (насіння гороху), що пояснюється зниженою спорідненістю до ЖК. Селективність ліпоксигеназної реакції залежить також від того, чи етерифікована жирна кислота, в якій формі вона знаходиться (міцелою, у вигляді комплексу з детергентом або у вигляді солі), і значення рН, що визначає ступінь дисоціації карбоксильної групи. Антиоксиданти не чинять прямої дії на ліпоксигенази, але гасять вторинні реакції окиснення [101]. Безпосередньо інгібують ліпоксигеназу лише декілька сполук (катехоли й ескулетин та ін.). Було вивчено вплив імпульсного електричного поля (*Pulsed electric field* (PEF)) на інактивацію ліпоксигенази (LOX) томатного соку для тривалого зберігання. Активна енергія для інактивації LOX за PEF становила 35,7 кДж/моль [102].

Модифікація летких утворень повинна враховувати вплив локалізації ферментів і мацерації тканин. Значний вміст цього ферменту у бобових (луцильні сорти квасолі, соєві боби, зелений горошок), які особливо схильні до

окиснювального псування. Маш (боби мунг, лат. *Vigna radiata*) були досліджені як нове джерело ліпоксигеназ у зв'язку з природним отриманням «зелених» ароматів. Профіль маш рН становив широкий діапазон (оптимальний рН – 6,5), що представляє ізоферменти ліпоксигенази-2 і ліпоксигенази-3, тоді як для сої спостерігалися тільки ізоферменти ліпоксигенази-1 і ліпоксигенази-2/3 (оптимальний рН – 9-10). Порівняно з соєвими, ліпоксигенази з маша були хорошою заміною для утворення гексаналу, оскільки вони виробляли його 76 %, а соєві – 60 % [103]. Досліджені фізико-хімічні умови протікання реакції окиснення лінолевої кислоти 5-ліпоксигеназою із бульб картоплі [104]. Багато робіт присвячено дослідженням активності ліпоксигенази під час проростання насіння або зерен. Було відмічено зменшення активності LOX 2 і LOX 3 у перші 24 години проростання і збільшення її у період 5–7 днів; у перші три години набрякання і до семи годин пророщування активність LOX квасолі збільшується удвічі порівняно з сухим зерном, а після 18 годин її рівень активності знижується до початкового рівня; у насінні соняшнику пік активності доводиться на четвертий день пророщування, кавуна – на шостий день [105, 106].

У статті М. Гаргори представлений огляд літератури щодо застосування ферменту ліпоксигенази для виробництва молекул ароматизаторів (гексенал, ноненаль, нонадіеналь і відповідних спиртів) із рослинних олій. Цей шлях використаний для рослинної олії багатої ПНЖК. Показані каскадні реакції з використанням різних ферментних систем, а також сировина, проміжні та кінцеві продукти з різними властивостями при біоконверсії [107]. Утворені від LOX гідропероксиди є дуже активними сполуками. Подальший шлях утворення аромату вимагає реалізації декількох ферментних систем у реакційному середовищі.

Гідроперекиси ПНЖК розщеплюються ферментом гідропероксид ліази (HPL), що відноситься до мембраннозв'язаних ферментів [108, 109]. Зелений солодкий перець, гуава, деяке листя (шпинат, помідори, чай, м'ята, кавун), проростки (люцерни, сої), а також деякі водорості або гриби є відомими джерелами гідропероксид ліази. Реакції гідропероксид ліаз свіжих плодів

достатньо вивчені [110-112].

Утворені альдегіди можуть піддаватися подальшій трансформації ферментами алкогольдегідрогенази в спирти, які в цілому мають схожі профілі запаху, як альдегіди. Існування цього шляху було уперше показано на прикладі утворення бананового аромату, а участь ферментів у цьому процесі була доведена на прикладі огірків і томатів. Зміна пропорцій цих альдегідів і відповідних спиртів дає «зелений запах», особливість різних видів рослин залежить від довкілля і сезону. Гідропероксид ліази має дуже низьку активність як під час розвитку сої, так і під час зберігання, на відміну від ліпоксигенази, і є відносно термолабільним ферментом, що втрачає свою активність за низьких температур, порівняно з ліпоксигеназою. Використовувати ферментні активності з різних джерел для виконання послідовних реакцій – одна з переваг використання рослинних ферментів [113].

1.3.2 Аналіз специфічних ароматичних компонентів макроміцетів

Макроміцети (гриби) мають високі поживні та лікувальні властивості, останніми роками їх відносять до нутрицевтиків і розглядають як функціональний продукт. Гриби мають високі переваги споживачів через їх унікальний аромат і смак, їх поживна цінність за вмістом білка та мінералів робить його сумісним до гасла «Гриби - здорова їжа» [114]. Синтез та формування летких запашних речовин грибів – галузь експериментальної науки, в якій ще тривають численні дослідження. За багато десятиліть вченими були розглянуті різноманітні добавки під час культивування грибів, як для дослідження специфічних умов утворення аромату, так і цілеспрямованого впливу на цей процес [115, 116]. Зазвичай дослідники порівнювали хімічний склад плодових тіл та міцелію, набагато рідше – вміст ароматичних компонентів в них [117, 118].

Основна увага під час дослідження ароматів найчастіше приділялась плодовим тілам грибів [119]. Основні сполуки, що створюють аромат сирих білих грибів це аліфатичні спирти та кетони [120]. Проведені хімічні дослідження ароматичних речовин у плодових тілах печериці, опеньки, білого гриба, дощовика гігантського,

гливи звичайної, рядовки фіолетової, гнойовика чубатого та інших встановили, що основу грибного аромату цих грибів створюють 1-октен-3-ол, гуанозин-5-монофосфат (5-ГМФ), а також глютамінова кислота, запах якої значною мірою стимулюється двома першими сполуками. Інші хімічні компоненти, можливо, створюють специфіку запаху кожного виду [121].

Ароматичні компоненти висушеного гриба *L. edodes* представлені спиртами, кетонами, сульфідами, алканами та похідними жирних кислот [122], а 1,2,3,5,6-пентатіепан, також відомий як «лантіонін», вважається ключовою сполукою [123]. Багато природніх ненасичених спиртів, як октен-1-ол-3 або «спирт мацутаке, мацутакеол», є досить важливими метаболітами жирних кислот грибів. Багато робіт присвячено методам хімічного синтезу мацутакеолу, як функціонального ароматичного компоненту [124].

Ароматичні компоненти є вторинними метаболітами рослин та грибів [125]. У роботі Власенко К.М. вдосконалено біотехнологічний процес твердофазного вирощування їстівних грибів *Pleurotus ostreatus* (Jack.) R. Kumm. на відходах сільського господарства. Для покращення ароматичних властивостей плодових тіл до субстратів вводили добавки з різним хімічним складом [115]. Серед добавок були розглянуті пшеничні висівки, але їх вплив на формування аромату визначений для плодових тіл, а не міцелію та культуральної рідини.

Вторинні метаболіти мають властивість накопичуватись не лише в міцелії грибів, але й в тому середовищі де вони культивуються. З цієї точки зору культивування грибів на рідких живильних середовищах у стаціонарних умовах для дослідження ароматоутворення є найбільш зручним порівняно з іншими способами культивування. Культуральна рідина завдяки накопичуванню ароматичних компонентів почала використовуватись для ароматизації пива, хлібу і як поживна добавка для тварин [126, 127], а міцелій – у виробництві ковбас [128]. Грибний аромат культурального міцелію та культуральної рідини при глибинному вирощуванні обумовлюють одні й ті самі запашні сполуки. У деяких видів культуральний міцелій більш багатий ароматизуючими речовинами, ніж плодові тіла. Дослідження аромату міцелю і плодових тіл

трюфелю показало відмінність між деякими ключовими сполуками, що піднімає питання їх походження та необхідність розуміння метаболічних змін [129]. Можливість штучного синтезу грибного аромату допомогла б з великою ефективністю використовувати культуральний міцелій швидкорослих у культуральній рідині їстівних грибів, що має обмеження через недостатньо інтенсивний запах.

Запах грибів є одним з головних критеріїв при визначенні їх якості. Свіжі гриби виділяють лише легкий запах. Однак поступово при висушуванні та подрібненні виділяється характерний аромат. Найважливішим компонентом аромату приготовлених грибів був метіональ, який здатний змінювати аромат сирих грибів на аромат приготовлених грибів. Крім метіоналю для аромату приготовлених грибів важливими виявилися інші продукти реакції Майяра: алкілпіразини, меркаптобутаїон, меркаптозаміщені фурани і тіофени [130]. Специфічний аромат сушених грибів формує складна суміш похідних фурану, піразину, піррола і метіоналя. Метіональ, який утворюється при розщепленні амінокислоти метіоніну, має низький поріг розпізнавання – близько 0,2 нг/л. Вміст метіоналя в сушених грибах в 6–10 разів більше, ніж у свіжих варених. Ще два важливі з'єднання, 2-метілфурантіол-3 і 2-метілдігідрофурантіол-3, вносять в запах сушених грибів відтінок аромату приготовленого м'яса [131].

1.4 Локалізація ароматичних речовин у рослинах і реакції синтезу ароматичних компонентів

Незважаючи на усю різноманітність рослинних ЛР, більшість із них відносяться до трьох основних груп: терпени, фенілпропаноїди/бензеноїди та похідні жирних кислот. Леткі органічні молекули різних класів відносяться до вторинних метаболітів рослин, які не є життєво необхідними, але виконують важливі функції в житті рослин: захисну, сигнальну, стимулюючу, інгібуючу та ін. Більшість ароматичних сполук виникає у результаті реакцій розпаду та внутрішньої реорганізації клітинних стінок рослин у процесі дозрівання [131]. Цей процес реорганізації дозволяє зв'язаним ферментам атакувати різні

субстрати, зазвичай не доступні для ферментів, і призводить до утворення безлічі низькомолекулярних продуктів (летких ароматичних сполук). Процеси розвитку аромату відбуваються не в період раннього формування плодів, а нестримно під час клімактеричного підйому дихання, коли обмін речовин плоду змінюється на катаболізм. Незначна кількість ліпідів, вуглеводів, білків і амінокислот ферментативно перетворюються в прості цукри або кислоти та леткі сполуки. Швидкість утворення аромату в плодах із клімактеричним дозріванням досягає максимуму в постклімактеричній фазі [132].

Вуглеводи, жирні кислоти й амінокислоти є природними попередниками для запашних сполук. Ферменти, що впливають на формування і регулювання летких ароматичних сполук описані в роботах для яблук, полуниці, томатів, бананів, дині [133, 134]. Незважаючи на інтенсивні зусилля фахівців хімії, біохімії, молекулярної біології, більшість способів, що призводять до біосинтезу летких ароматичних речовин, досі не визначена. Нині вважається, що обмін речовин жирних кислот і амінокислот із розгалуженим ланцюгом може служити попередником для біосинтезу летких ароматичних компонентів у більшості плодів. Жирні кислоти відіграють важливу роль в синтезі ефірів, що складаються із 2, 4 і 6 вуглецевих ланцюжків, що виникають переважно β -окисненням жирних кислот [135]. *De novo* синтезовані вільні жирні кислоти сприяють утворенню ефірів у багатьох плодах [136]. Передбачається, що ліпоксигенази (LOX) роблять свій внесок у розщеплювання довголанцюгових жирних кислот до C_6 альдегідів, які далі перетворюються альдегіддегідрогеназами до спиртів [137] і мають характерні аромати фруктів, плодів.

Характерною рисою вторинних метаболітів рослин є здатність накопичуватися в досить високих концентраціях, іноді не в тих органах, де вони були синтезовані. Оскільки багато вторинних метаболітів мають високу біологічну активність, накопичення цих речовин відбувається в спеціальних, як правило, позаклітинних структурах, щоб уникнути токсичної дії на саму рослину [138]. Крім того, багато пахучих речовин накопичується усередині рослини у вигляді глікозидних форм (комплекс компонентів фітоесенцій з вуглеводами),

сесквітерпенових лактонів або каротиноїдів і можуть бути згодом гідролізовані [139]. Так, наприклад, 2-фенілетил- β -D-глікозид накопичується усередині пелюсток троянд і може виступати основним джерелом такої леткої сполуки, як 2-фенілетанол. Запавні речовини можуть знаходитися в протоплазмі або клітинному соку, можуть накопичуватися в ідіобластах, або концентруватися у спеціальних структурах, що називаються вмістилищами ефірних олій. Ці структури поділяють на екзогенні, розташовані в зовнішніх тканинах, просторово зв'язаних з епідермісом, і ендогенні. До перших відносять залозисті плями, волоски та лусочки, до других – залозисті клітини та вмістилища залозистих виділень. Ефірна олія розподіляється по органах рослини нерівномірно. Найчастіше вона зосереджується в якому-небудь одному органі (листі, квітках, коренях, плодах). Синтезуються ці компоненти запавних речовин у рослині через відносно невелику кількість метаболічних шляхів, які переважно дублюються (I – мевалонатний шлях синтезу ізопрену, II – метилеритритол фосфатний («альтернативний») шлях синтезу ізопрену, III – шикиматний шлях синтезу сполук з ароматичним кільцем, IV – синтез похідних жирних кислот). Біосинтез ароматів терпенового ряду вивчений як ферментативний процес за участі монотерпенових, сесквітерпенових і дитерпенових синтаз рослинного походження [140]. Насичені та ненасичені жирні кислоти, у свою чергу, служать попередниками для багатьох рослинних летких сполук. Похідні жирних кислот, як правило, значно модифікуються (окиснюються, метилуються, етерифікуються і так далі), продукуючи багато запахів, у тому числі кавунові, огіркові, гарбузові, скошеної трави. Так само і «зелений запах», подібний до зеленого листа, виникає з летких альдегідів і спиртів C_6 – C_9 сполук, синтезується із ліноленової і лінолевої кислот через відповідні гідроперокси [141, 142]. Ці реакції виникають як захисний механізм рослин у відповідь на фізичне ушкодження або атаки патогенів, виробляючи різні види оксиліпінів [143]. Останнім часом накопичуються дані про стимулюючі ріст, фунгіцидні, репелентні, антипухлинні й інші позитивні властивості оксиліпінів [144, 145]. Деякі з цих оксиліпінів застосовуються у

промисловості у фунгіцидах, лубрикантах, загусниках, і в цьому випадку – як попередники зелених нот ароматних сполук, таких як альдегід листя (2E)-hexenal, спирт листя (3Z)-hexenol [146]. Ферменти, що каталізують цей біосинтез, ліпоксигенази й гідропероксид ліази, як правило, формують свіжий зелений, фруктовий аромат і аромат фруктів і овочів, що, у свою чергу, широко використовується як ароматизатор харчових продуктів і напоїв, особливо в оброблених харчових продуктах. Ринок цих сполук оцінюється приблизно в 20–40 млн дол. США в рік [147]. Синтез аромату зеленого листя (Green Leaf Volatiles, GLVs) переважно містить усі альдегіди та спирти, що виробляються гідропероксид ліазами (HPL). Отже, GLVs є похідними LOX шляху обміну речовин у листі. По-перше, ліпіди піддаються гідролізу вільних жирних кислот різними типами ліпази. Згодом кисень каталізує стереоспецифічне окиснення ненасичених вільних жирних кислот. (9Z, 11E, 15Z)-13-гідроперокси-9,11,15-октадекатрієнові кислоти (13-HPOT) отримують із ліноленової кислоти та додатково метаболізують HPL, щоб сформувати 12-оксо-(Z)-9-додеценону кислоту (попередник *traumatol* – гормон рослин, що виробляється у відповідь на рану) і (Z)-3-гексенал. Інший тип LOX можуть також синтезувати (10E, 12E, 15Z)-9-гідроперокси-10, 12, 15-октадекатрієнові кислоти (9-HPOT) з ліноленової кислоти. Ці продукти також можуть бути перетворені HPL у C₉-оксо-кислоти та C₉ альдегіди [148]. Багато з цих летких сполук виробляється в слідових кількостях, що знаходяться нижче порогу виявлення більшості аналітичних приладів, але ідентифікуються нюхом людини.

Наприкінці ХХ століття почали вивчати комплекси ферментів, відомі як «флейворази» або ферменти аромату, які сприяють змінам або утворенню аромату. Зокрема, ці ферменти впливали на трансформацію рослинної сировини: відновлення втраченого аромату овочів після термічної обробки за допомогою ферментів із насіння гірчиці; перетворення органічних нелетких сірковмісних сполук на леткі ароматичні сполуки часнику та цибулі; перетворення сірковмісних попередників аромату в капусті та інших рослинах, таких як крес-салат, гірчиця, редька; поліпшення аромату консервів за допомогою ферментів із

свіжої кукурудзи [149]. Різноманітність методів ферментативного утворення аромату, зокрема через взаємодію різних ферментів, сприяла ще більшому інтересу до ферментів аромату. На ринку з'явилися харчові добавки для покращення аромату продуктів (наприклад, марка «Flavorase» від компанії DSM Food Specialties). Спочатку ферменти аромату являли собою комбінацію кількох ферментів, які розкладають білки та інші складні молекули в їжі, вивільняючи ароматичні сполуки, що поліпшують смак і аромат продуктів. Цей комплекс ферментів широко застосовувався в м'ясопереробній промисловості. Згодом для зміни аромату почали використовувати не тільки протеази, а й ліпази, амілази та целюлази. Залежно від типу продукту, аромат якого потрібно змінити, почали використовувати різні комбінації цих та інших ферментів, наприклад, глюкозидаз. Комерційні комплекси ферментів аромату швидко стали популярними в харчовій промисловості завдяки їхній здатності покращувати смакові та ароматичні властивості продуктів.

Аналіз можливостей ферментів, які змінюють суто аромат, показав, що найчастіше вживаним є посилення дії ліпаз, ліпоксигеназ, гідропероксидліаз та/або пероксидаз [150]. Діапазон запахів, що виникають під час ферментації, залежить від виду рослинної сировини, положення подвійного зв'язку в поліненасичених жирних кислотах та специфічності ізоформ ферментів. Дослідження природного процесу утворення аромату показує, що зазвичай у ньому беруть участь ферменти, які генерують специфічні ароматичні ноти. Регуляторами таких ферментів можуть виступати як природні стресові фактори, так і штучно створені умови (наприклад, різкі температурні коливання, пошкодження тканин тощо) [151]. Одним із прикладів активації специфічних ферментів у стресових умовах є ферментація свіжозібраного листа дерев та ягід [152]. Ферментація, після попереднього пошкодження частково зневодненого листа, активує ароматотвірні ферменти рослин (РАФ), які створюють в листі характерний аромат [153]. Активність рослинних ферментів може змінюватися на різних етапах розвитку рослини, що дає змогу оцінити дію РАФ через зміну або інтенсивність аромату після ферментації.

Особливість рослинних ароматотвірних ферментів полягає в їх активізації після пошкодження рослинних тканин. Подрібнення рослин із родини хрестоцвітих, таких як капуста броколі, ріпа, кормова та брюссельська капуста, редис, гірчиця, створює умови для активації ферменту мірозинази (ЕС 3.2.1.147), яка вступає в реакцію з неароматичними глюкозинолатами. Мірозиназа міститься в спеціалізованих клітинах (ідіобластах), а поруч із ними є сіркосодержаючі клітини, що містять глюкозинолати та аскорбат у своїх вакуолях [139, 154]. При руйнуванні цих клітин аскорбат переходить у розчин (1–2 мМ) і активує фермент при взаємодії з глюкозинолатом.

Цибуля, часник, цибуля-порей і деякі сорти цибулі шалот не мають характерного запаху, якщо їх не пошкоджено, і ферменти не були декомпартменталізовані. Однак при подрібненні вивільняється алііназа (ЕС 4.4.1.4), яка реагує з алііном, утворюючи ароматичні сполуки. Аліінази є ароматоутворюючими ферментами для рослин роду цибулевих (*Allium* sp.), і вони беруть участь у β -лізисі S-алк(ен)іл-L-цистеїн сульфоксидів (alk(en)yl cysteine sulfoxides, ACSO). При кімнатній температурі в пошкоджених клітинах цибулі від 70 до 90 % ACSO перетворюється на сіркоорганічні сполуки протягом 1 хвилини, а через годину – 100 %, причому утворений аромат цибулі здатен проникати в усе навколишнє середовище. Заморожування майже не впливає на активність аліінази, а при жорсткій термічній обробці зберігається близько 5 % залишкової активності ферменту [155, 139].

Зростаюче поширення нутрицевтиків і функціональних харчових продуктів спричиняє нові проблеми, зокрема маскування або нейтралізацію небажаних смаків і запахів, властивих інгредієнтам із функціональними властивостями. Зазвичай для досягнення характерного смаку та аромату рослинної сировини важливими є лише кілька ключових летких сполук. Тому використання ароматотвірних ферментів є доцільним і обґрунтованим, особливо для органічної продукції, де застосування ферментів мікробного походження або штучних ароматизаторів є неприпустимим.

1.5 Властивості попередників аромату

Використання попередників аромату розширюється і представляє собою певний інноваційний шлях, який був представлений у попередньому розділі. Складність використання деяких попередників аромату тільки в останні роки починає оговорюватись в науковій спільноті [156, 157].

1.5.1 Загальна характеристика попередників

Прекурсор (лат. Praecursor – попередник) – речовина, яка бере участь в реакції, що призводить до утворення цільової речовини. Використання прекурсорів ароматизатора (термін введений у Проекті FL/06/47) започатковано Регламентом № 1334/2008. Із 2011 р. у країнах ЄС цей регламент став обов'язковим, термін «ідентичний натуральному» та «синтетичний» у маркіруванні більше не вказують [158]. У різних умовах у рослинній сировині попередниками аромату можуть бути амінокислоти, вуглеводи, ліпіди [159]. Проведено значну роботу з визначення попередників ароматичних речовин м'яса, сиру, риби, пива, шампанського, бананів, яблук, кави, арахісу й інших продуктів. У деяких плодах природа попередників аромату досі не визначена [160]. За останні декілька років було показано, що багато ароматів існують у вигляді попередників аромату, які є стабільнішими, ніж активний аромат. Наприклад, багато ароматів (особливо в рослинній їжі) існують як глікозидні попередники, що є набагато стабільнішими, ніж утворений аромат, і не мають властивостей смаку.

Ароматичні попередники, такі як: вуглеводи, олігопептиди й амінокислоти надають продукту харчування аромату через хімічні реакції, які відбуваються під час обробки продуктів харчування. Ароматичні попередники, що виготовлені з продуктів харчування, не потребують процедури оцінювання чи схвалення для використання в та на продуктах харчування, якщо тільки не існує сумнівів стосовно їх безпечності, зазначено в Регламенті.

Найчастіше у науковій літературі розглядають попередники аромату у відношенні до продуктів реакції Майяра [161]. Затребуваними ці сполуки є у

виноробстві, виробництві сиру та ін. галузях харчової промисловості. Стосовно історії виникнення попередників існує наступна версія: у 1957 р. група американських дослідників: Г. Детео, Р. Клап, Д. Маккей, Е. Х'юїт, Т. Хаслстром в одній із перших робіт, присвячених цьому питанню, вивчили природу особливої речовини в сировині, яку позначили як попередник аромату [162]. Було встановлено, що у свіжих овочах попередниками можуть бути тиоглікозиди з сімейства капустяних. Основний потенціал аромату з попередників може бути перетворений на свіжий аромат під дією власного ферменту. Виділений фермент додавали в харчовий продукт у процесі підготовки для відновлення аромату. Вивчено можливість відновлення аромату сушеної капусти у такий спосіб [163]. Протягом цих досліджень З. Швиммер показав, що бланшовані та висушені або консервовані квасоля, горох, броколі, морква, томати, капуста змінюють аромат під дією ферментів, виділених зі свіжої сировини генетично споріднених овочів або гірчиці [164]. Отже, була сформульована ідея можливого відновлення свіжого аромату їжі в оброблених харчових продуктах, заснована на ферментативних процесах. Згідно з цією ідеєю відновлення аромату залежить від присутності попередників та доступності ферментів, які специфічно утворюють із цих попередників природні аромати [165]. Ця ідея є певним аналогом наших досліджень, виконаних у запропонованій роботі.

Аромат сушених овочів у продуктах може бути відновлений у результаті додавання до обробленого продукту водного екстракту свіжої сировини. Утворення свіжих ароматів може бути досягнуте шляхом швидкого формування ароматичних фракцій, отриманих із ферментів і попередників безпосередньо перед їжею. Тейлор і співавтори сформували композиції, що виділяють аромат і містять мікроемульсії і/або гідратовані зворотні міцели [166]. Ці композиції придатні не лише для використання як ароматизуючі засоби в харчових продуктах, але і для ферментативного синтезу різних смаків і попередників аромату *in vitro*. Типовий склад містить 80 % рослинної олії, 15 % поверхнево-активної речовини (фосфатиділхолін, фосфатиділетаноламін, моногліцерид, складний ефір сорбітану), 3 %-й етанол, < 3 % води, 1 % попередника та 0,5 % ферменту. Попередник аромату та фермент розташовуються в ядрі

мікроемульсії, яке під час гідратації або підвищення активності води або порушення мікрокрапель, бере участь у реакції отримання бажаного аромату. Мікроемульсії можуть бути використані для стабільної підтримки попередників аромату до їжі, одночасно забезпечуючи швидке формування ароматичних фрагментів із попередників у роті або незадовго до їжі. У патенті WO 99/62357 описано ароматизуючі композиції, що містять крапельки мікроемульсії вода-в-олії і/або гідратовані оборотні міцели, що містять латентні ароматизатори. Такі композиції можуть використовуватись як ароматизуючі системи для харчових продуктів, у яких активний аромат утворюється під дією ферментів. Оптимальне молярне співвідношення води до поверхнево-активної речовини становить значення менше 10, бажано – менше 5. У зв'язку з цим зазначені системи правильніше віднести до гідратованих оборотних міцел, а не до мікроемульсій. Лише в одному прикладі описується отримання мікроемульсії, що містить 3 % води [167].

Дослідження ролі нелетких попередників аромату в сирому, сушеному, вареному, запеченому та смаженому часнику показали існування не однієї, а декількох груп, що утворюють специфічний аромат. Леткі сполуки були розділені на чотири групи: отримані від термічної деструкції нелетких попередників аромату часнику; генеровані від теплових взаємодій цукрів і енергонезалежних попередників аромату часнику; отримані від теплових взаємодій ліпідів і енергонезалежних попередників аромату; отримані від теплових взаємодій цукрів, ліпідів і енергонезалежних попередників аромату [168].

Аромат є одним із найбільш важливих якісних показників баштанних. Найпотужнішими запахами дині є складні ефіри, утворені з амінокислот [169]. У свіжій дині ідентифіковано 18 амінокислот із домінуючими аспарагіноювою кислотою, глутаміноювою кислотою, аргініном і аланіном. Ламікарна О. та співавтори (2000 р.) показали, що загальний вміст амінокислот свіжозрізаної дині швидко зменшується за 20 °С [170]. Збереження компонентів аромату дині досліджено О. Ламікарна та співавторами у зв'язку з руйнуванням певних амінокислот, а також із метою запобігання втраті ароматів під час зберігання.

1.5.2 Характеристика попередників аромату ліпідної природи

Насичені та ненасичені жирні кислоти служать попередниками для багатьох рослинних летких сполук. Похідні жирних кислот, як правило, значно модифікуються (окиснюються, метилуються, етерифікуються і так далі), продукуючи багато запахів, у тому числі кавунові, огіркові, гарбузові, скошеної трави. Так само і «зелений запах», подібний до зеленого листя, виникає з летких альдегідів і спиртів C_6 – C_9 сполук, синтезується із ліноленової і ліолевої кислот через відповідні гідроперокси [171, 172]. У рослинах ПНЖК відіграють визначену роль в процесах утворення аромату свіжих плодів, завдяки дослідженому ліпоксигеназному шляху [173].

Продукти окиснення ліпідів беруть участь у формуванні леткого складу аромату смаженої птиці, картоплі, сухих зернових сніданків, багатьох видів сирів. В ароматі обсмаженого курчати зі 193 компонентів 41 – це альдегіди, отримані окисненням ліпідів, серед яких переважали гексаналь і 2,4-декадіеналь [174]. Один із найважливіших ароматів обсмажених продуктів, курячого м'яса, фритюру – 2,4-декадіеналь, що має нижчий поріг аромату (0,00007 мг/кг) порівняно з гексаналем (0,0045 мг/кг). Окиснення 2,4-декадіеналу призводить до утворення транс-4, 5-епокси-2-деценалу – одного з найсильніших компонентів аромату білого хліба [4]. Невеликий вміст продуктів окиснення ліпідів може бути необхідним для смакоароматичного профілю деяких продуктів. Альдегіди, що утворюються при окиснювальному розщеплюванні жирних кислот, можуть реагувати з нуклеофільними компонентами харчових продуктів, вони взаємодіють із сульфгідрильними групами й амінами білків, змінюючи функціональні властивості останніх і, як наслідок, аромат готового продукту.

Тип продуктів розкладання ліпідів залежить від жирнокислотного складу харчового продукту, окиснення ліпідів по-різному впливає на його органолептичні властивості: окиснення рослинних олій, що мають у складі переважно ω -6 жирних кислот, даватиме «трав'янистий» або «бобовий» побічні запахи, а окиснення високомолекулярних ω -3 жирних кислот – «рибні» запахи

[139]. Взаємодія ліпідів і окисників носить вільнорадикальний характер, складається з трьох стадій і досить повно описаний для багатьох продуктів, що містять ліпіди (рослинні олії і рибопродукти). Застосування цих знань до фактичних продуктів харчування часто обмежене, оскільки ліпіди поширені як дискретні фази, розсіяні в структурі гетерогенного харчового матриксу. Д. МакКлементс і Е. А. Декер проаналізували окиснення ліпідів в емульсіях типу «олія у воді» та показали вплив концентрації, фізичного стану емульсивних ліпідних крапельок, їх орієнтацію до поверхні розділу, розподіл за розміром, особливості межової взаємодії та інших чинників [175]. При видаленні з харчової системи води швидкість окиснення ліпідів, як правило, знижується внаслідок зменшення мобільності реагентів. У деяких харчових продуктах видалення вологи призводить до прискорення окиснення ліпідів, що обумовлене зменшенням захисного шару сольватованої води навкруги гідропероксидів ліпідів. Залежно від швидкості окиснення ліпідів у продуктах концентрація карбонільних сполук і аромат, пов'язаний з ними, можуть істотно змінюватися.

Аромат овочів, зелені та листя пов'язують із ліпідними перетвореннями ПНЖК – лінолевою і ліноленовою кислотами [176]. Вузкий спектр ліпідів у рослинах обумовлює відносно невелику кількість первинних продуктів реакції окиснення. Утворення різноманітних плодових ароматів – результат розщеплювання гідроперексидів ПНЖК відповідними ферментами та подальших перетворень. Експерименти на модельних розчинах із лінолевою, ліноленовою кислотою і комплексом ферментів показують можливість утворення великої кількості летких компонентів [177].

Більше 99 % жирних кислот рослинної і тваринної сировини етерифіковані з гліцерином. Вільні жирні кислоти в живих тканинах не дуже поширені через їх цитотоксичність, тобто здатність руйнувати структуру клітинних мембран. Етерифіковані з гліцерином жирні кислоти втрачають поверхневу активність, а значить, і цитотоксичність [178]. Відомі своєю антимікробною дією класи ліпідів можна побудувати в ряд за збільшенням активності: тригліцериди → фосфоліпіди → солі жирних кислот → жирні кислоти → моногліцериди →

продукти окиснення ПНЖК [179].

У складі ліпідів у невеликих кількостях зустрічаються дигліцериди та моногліцериди. У дигліцериді є дві групи складних ефірів, утворених двома молекулами жирних кислот і двома гідроксилами гліцерину, у моногліцеридах – одна етерифікована група. Відомі ізомери моно- та дигліцеридів, що відрізняються місцем розташування вільного гідроксилу (α - і β -гліцериди). Кожна молекула природних тригліцеридів утворена різними жирними кислотами. Тригліцериди складаються із суміші ізомерів, що відрізняються місцем розташування радикалів жирних кислот і їх кількісним співвідношенням. Тому з 5–8 різних жирних кислот можна побудувати в десятки разів більше тригліцеридів.

Склад і структура жирних кислот, що становлять тригліцериди, визначають їх фізичні та хімічні властивості. Найважливішими властивостями рослинних жирів, що відрізняють їх від жирів тварин, є ненасиченість складових їх жирних кислот. Походження ненасиченості та її біологічне значення були предметом багаторічних досліджень, у результаті яких було зроблено припущення: здатність закономірно реагувати на пониження температури зовнішнього середовища підвищенням складу поліненасичених жирних кислот виникла у філогенезі багатьох рослинних видів [180]. Окиснення ненасичених ліпідів призводить до утворення величезної складної суміші летких речовин, які в дуже невеликих кількостях істотно впливають на органолептичні властивості харчових продуктів.

У монографії Франкел Е. опубліковані дані про мінливість запаху та присмаку сполук, отриманих із ліпідів [181]. На думку автора, дослідження джерел летких продуктів окиснення ліпідів досі суперечливі, їх часто важко інтерпретувати. У подальших роботах Франкел Е. та співавтори детально проаналізували джерела та хімізм летких продуктів окиснення ліпідів [182–184], щоб забезпечити основу для кращого розуміння механізму зміни смаку, на який впливають ці леткі речовини. Деякі окремі сполуки ліпідів, присутні в слідових кількостях, можуть мати настільки інтенсивний запах, що це обумовлює їх

значущість у загальному запаку та смаку їжі. Наприклад, під час вивчення гідропероксидів, отриманих окисненням метил-9,15-октадекадієноату, був виявлений дуже потужний огірково-динний запах, що поширювався по усьому приміщенні лабораторії. Аромат, що нагадує зелену диню, заздалегідь приписували до суміші цис- і транс-6-ноненаль, імовірно отриманого від розкладання 10-гідропероксиду в окисненому 9, 15-октадекадієноаті. Хоча цей гідропероксидний ізомер знайдений у відносно невеликих кількостях (11 %), його розкладання призводить до отримання альдегіду з переважаючим впливом над іншими леткими речовинами, отриманими з інших гідропероксидів, виявлених в окисненому 9,15, - октадекадієноаті [185]. Транс-6-ноненаль має одне з найменших порогових значень аромату 0,0003 проміле в олії. Інші приклади сильнодіючих ароматичних сполук включають цис-4-гептеналь із ліпідів м'язів тріски з порогом 0,0005–0,0016 проміле в олії, 1-цис-5-октадієн-3-он у молочному жирі з порогом 0,00002 ppm. Не були запропоновані задовільні механізми для виникнення цих летких сполук.

Спроби зв'язати молекулярну структуру з інтенсивністю аромату не призвели до простих узагальнень. За винятком нонаналю, 2-алкенали мають вище порогове значення, ніж відповідні алканали однакової довжини ланцюга. Для 2-алкеналей і транс, цис-алкадієналів гомологічний ряд непарного числа атомів вуглецю має нижчі порогові значення, ніж парне число вуглецю. Зворотна тенденція спостерігається в серії транс, транс-алкадієналів. Алкенали з ізольованим подвійним зв'язком мають інтенсивніший смак/аромат, ніж відповідні 2-алкенали. Вплив конфігурації подвійного зв'язку в ізольованих алкеналях не узгоджується. З одного боку, цис-3-гексенал (0,11 ppm) і цис-4-гептенал (0,0005–0,0016 ppm) набагато інтенсивніші, ніж відповідні транс-3-гексенал (1,2 ppm) і транс-4-гептенал (0,1–0,32 ppm). З іншого боку, цис-6-ноненаль має вище порогове значення (0,002 ppm), ніж відповідний транс-6-ноненаль (0,0003 ppm) [186, 139].

Леткі альдегіди, отримані з окиснених ліноленатів і жирних кислот із ω -3 подвійним зв'язком мають низьке порогове значення. Ненасичені альдегіди з ω -3

подвійним зв'язком мають особливо низькі порогові значення, такі як 3,6-нонадіеналь (0,0015 ppm), 2,6-нонадіеналь (0,002 ppm), 2-пентеналь (0,046 ppm), 2,4-гептадіенал (0,055 ppm), 3-гексенал (0,09 ppm) і 2,4,7-декатріеналь (0,15 ppm). Гідрогенізована соєва олія також має особливу летючість за низьких порогових значень, оскільки вони отримані в результаті окиснення ізолінолеат, продукуючі альдегіди з видаленими подвійними зв'язками, такі як цис-6-ноненаль (0,002 ppm), цис-7-ноненаль (0,0003 ppm), 2,6-нонадіеналь (0,002 ppm) і 2,7-декадіеналь (0,02 ppm). Значна увага була приділена останнім часом кореляції між аналізом летких компонентів по газовій хроматографії і оцінками аромату [185, 139].

Ненасичені альдегіди і кетони, що утворюються як продукти розкладання з первинних гідроперекисів є очевидними джерелами додаткових летких продуктів через їх сприйнятливості до подальшого окиснення. Будь-які продукти вторинного окиснення з одним або більше гідропероксидом можуть сприяти подальшому окисненню летких продуктів, утворених із ліпідів. Моногідропероксиди можуть також утворювати димери й полімери та вступати в реакцію з ненасиченими ліпідними субстратами [187].

Ізомеризація подвійних зв'язків (перетворення цис-, транс- і транс, транс-кон'югованих гідроперекисів) у продуктах окиснення є ще одним важливим чинником, що впливає на зміну аромату тих харчових продуктів, що містять ліпіди. Конфігурація отриманих ненасичених альдегідів впливає на властивості аромату. Попри те, що подвійний зв'язок α і β -ненасичених альдегідів, по суті, завжди знаходиться в стабільній транс-конфігурації, для незв'язаних альдегідів, як правило, природною є цис-конфігурація. Цей цис-подвійний зв'язок легко ізомеризується за термічного окиснення в транс-подвійний зв'язок у сполученні з карбонільною групою. Ці позиційні та геометричні ізомеризації подвійних зв'язків помітно впливають як на кількісні, так і на якісні смакові/ароматичні реакції летких продуктів окиснення.

Жоден метод нині ще не достатньо надійний для передбачення стабільності смаку й аромату харчових олій і продуктів, що містять ліпіди. Існує багато

варіацій опису окремих сполук різними дослідниками, і це означає тільки суб'єктивний характер панелі тестування. Подальші ускладнення виникають з аддитивних і антагоністичних взаємодій між сумішами летких сполук.

Безліч летких сполук утворюються шляхом подальшого окиснення вторинних продуктів. Багато з цих вторинних продуктів окиснення значно впливають на аромат і смак продуктів, що містять ліпіди. Хоча гідропероксиди жирних кислот, як правило, не мають смаку та запаху, їх продукти розкладання мають великий вплив на аромат. Деякі леткі продукти розщеплювання альдегідів є надзвичайно потужними і впливають на аромат у концентраціях, менших, ніж 1 частина на мільйон. Розкладання гідропероксидів включає дуже складний набір шляхів реакції, за якими формується безліч летких і нелетких продуктів [188].

Значна увага була приділена проблемам виміру окиснення ліпідів і утворення аромату в природних умовах, це питання було розглянуте також останнім часом у зв'язку з розвитком генної інженерії. Коли лінолева кислота була додана в сирий гомогенат, отриманий із трансгенних томатів, було сформовано велику кількість C_9 -альдегідів, тоді як не відбулось ніяких змін в альдегідах C_6 . Цей результат показав, що утворення 13-гідроперекисів жирних кислот відбувається переважно з ендогенних субстратів. На відміну від вищесказаного, 9-НРО формується з екзогенних жирних кислот субстратів [189].

Ліпідний обмін пов'язаний з найрізноманітнішими сторонами життєдіяльності рослин: фотосинтезом, розвитком, клітинною проникністю, обміном мінеральних елементів, переходом органів рослин у стан спокою, стійкістю до перенесення несприятливих зовнішніх умов і т. д. Дослідження структури ненасичених жирних кислот ліпідів рослин пов'язані зі значними труднощами, обумовленими їх великою різноманітністю. Результати численних досліджень, виконаних раніше, недостатньо детальні та достовірні [190]. У багатьох ТАГ рослинного походження поліненасичені жирні кислоти зосереджені в другій (sn-2 – вторинна гідроксильна група гліцерину) позиції. У какао-маслі 85 % олеїнової кислоти знаходиться у sn-2 позиції, а пальмітинова та стеаринова кислоти рівномірно розподілені за sn-1 і sn-3 позиціями. Жирні

кислоти у позиції sn-2 зазвичай більш ненасичені, ніж у позиції sn-1. Ненасичені жирні кислоти у положенні sn-2 можуть вивільнятися фосфоліпазою з використанням як субстрату ферментів, наприклад, циклооксигенази та ліпоксигенази (LOX). Завдяки поверхневій активності фосфоліпідів їх можна використовувати для зміни фізичних властивостей ліпідів, оскільки вони діють як емульгатори та впливають на поведінку типових ліпідів під час кристалізації [139].

Деякі автори вважають, що кінцеві метильні групи жирних кислот знаходяться недалеко від ефірного зв'язку, який може призвести до стеричних ефектів перешкоди для ферментів. Високий ефект вигину ейкозапентаєнової кислоти (20 атомів вуглецю) та докозогексаєнової кислоти (22 атоми вуглецю) через наявність 5 і 6 подвійних зв'язків, відповідно, підвищує ефект стеричних перешкод [191].

У поліненасичених жирних кислотах (більш ніж із двома подвійними зв'язками) подвійні зв'язки у більшості випадків розділені метиленовою групою. Таку конфігурацію називають пентадієновою системою, в якій двоє подвійних зв'язків знаходяться при 1-му та 4-му атомах вуглецю. Іншими словами, ці подвійні зв'язки не кон'юговані, а навпаки, розірвані метиленовою групою. Така структура в лінолевій і ліноленовій кислотах є метиленперерваною або дивинілметановою: $-\text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}-$

У більшості випадків швидкість окиснення з додаванням одного обмеженого метиленовими групами атома вуглецю подвоюється. У лінолевої кислоти (C18:2) – один обмежений метиленовими фрагментами атом вуглецю, у ліноленовій (C18:3) – два, а в арахідонової кислоти (C20:4) – три. Так, ліноленова кислота окиснюється удвічі швидше, ніж лінолева, а арахідонова – удвічі швидше, ніж ліноленова, та в чотири рази швидше, ніж лінолева [139].

Наявність подвійного зв'язку впливає на температуру плавлення жирних кислот, а подвійні зв'язки в цис-конфігурації надають жирній кислоті зігнуту конфігурацію, тобто ненасичені жирні кислоти нелінійні, що утруднює їх орієнтацію в компактній «упаковці». Через подібні стеричні утруднення Ван-дер-

Ваальсові взаємодії між ненасиченими жирними кислотами слабкіші, що дозволяє їм зберігати рідкий стан за кімнатної температури, а їх температури плавлення і твердіння відносно низькі. У міру збільшення числа подвійних зв'язків молекула стає усе більш зігнутою, Ван-дер-Ваальсові сили зменшуються, і температура плавлення знижується ще більше. Жирні кислоти з подвійними зв'язками в транс-конфігурації більш лінійні, ніж у цис-конфігурації, що призводить до компактнішої упаковки молекул і вищої точки плавлення. Наприклад, приблизна температура плавлення стеаринової кислоти (октадеканової) становить 69,2-69,9 °С, олеїнової (цис-9-октадецененої) становить 13,4 °С та 16, 3 (поліморфізм), а елаїдинової (транс-9-октадецененої) становить 43,7-46,5 °С [192].

Для відриву атома водню від метиленової групи радикала жирних кислот потрібна певна енергія. Цією енергією може бути енергія світла (фотохімічна ініціація) або тепла (нагрівання), у випадку рідкофазного окиснення – дія іонізуючої радіації [193]. За відсутності джерел додаткової енергії або ініціаторів окиснення вільні радикали можуть утворитися із молекул, зв'язок між атомами яких ослаблений внаслідок їх підвищеної кінетичної енергії порівняно з середнім рівнем енергії молекул у системі [194].

Оскільки утворення вільних радикалів вимагає енергії для розриву зв'язку між атомами вуглецю і водню метиленової групи, в реакцію окиснення, в першу чергу, повинні вступати молекули, у яких такі зв'язки ослаблені або енергія їх розриву відносно невелика [139]. Послабленню цих зв'язків сприяють, наприклад, розгалуження ланцюга та наявність подвійних зв'язків. Експериментально доведено, що від вторинного вуглецевого атома водень відділяється в чотири рази швидше, ніж від первинного, а від третинного – у 19 разів швидше, ніж від вторинного. Метиллові ефіри стеаринової, олеїнової, лінолевої і ліноленової кислот за 100 °С окиснюються зі швидкістю 1:11:114 і 179, а за 20 °С – зі швидкістю 1:100:1200 і 2500 відповідно [188].

Енергія розриву СН-зв'язку у нерозгалужених парафінових вуглеводнів становить 93 ккал/моль, в олефінових вуглеводнів енергія розриву СН-зв'язку

метиленової групи, що знаходиться в α -положенні від подвійного зв'язку, дорівнює 77 ккал/моль. Отже, у ненасичених радикалах жирних кислот зв'язки між вуглецем і воднем ослаблені в метиленових групах, розташованих біля подвійного зв'язку. Ще більше такі зв'язки (СН-) ослаблені в метиленових групах, що знаходяться між подвійними зв'язками. Через це у суміші жирних кислот або гліцеридів, у першу чергу, окиснюються молекули з ненасиченими радикалами [186].

Дію на ліпідні структури клітини для посилення або послаблення гідрофобної взаємодії, ковалентних зв'язків, Ван-дер-Ваальсових сил здійснюють хімічними, ферментативними або фізичними методами. Вміст ліпідів у плодах низький, вони менше потребують води як транспортного засобу, рухливість самих ліпідів достатня, щоб утворити фермент-субстратний комплекс [195]. Значна кількість лінолевої і ліноленової кислоти міститься у хлоропластах рослин [196]. Коли плоди дозрівають, вони втрачають свій зелений колір через деградацію хлоропластів, які потім звільняють ліпіди мембрани, багаті цими ключовими попередниками аромату. Ліпіди в клітинах тканин дуже тонко дисперговані, внаслідок чого вони на дуже великій поверхні стикаються з багатьма речовинами, що входять до складу клітинних структур, у тому числі й із іншими ліпідами. Ці попередники потім формують за допомогою рослинних ліпоксигеназ безліч складних ефірів і карбонільних сполук, що характеризують аромат багатьох плодів. Гіпотеза про малу кількість жирних кислот у *de novo* біосинтезі (вільні ЖК) була запропонована як обмежуючий чинник для біосинтезу аромату під час ранньої заготівлі фруктів. Ця гіпотеза також підтверджується доказами тісного зв'язку між низькими ароматами летких продуктів, низьким вмістом ЖК і АТФ у плодах яблук. Окиснювальна деструкція ЖК або отримувані шляхом біосинтезу вільні ЖК є попередниками, що відповідають за формування ланцюга складних ефірів у багатьох фруктах, проте їх роль у формуванні аромату потребує уточнення [197].

Отже, під час вивчення летких продуктів окиснення ліпідів встановлено, що тип аромату, отриманий з ряду летких речовин, може залежати від їх складних взаємодій, діапазону концентрацій, а також середовища, в якому вони

досліджуються. Велика складність ароматів і потреба в надійній і універсальній панелі тестування стали основною перешкодою прогресу в цій сфері. Дослідження порогу сприйняття і мінімальних виявлених рівнів для ряду летких речовин первинного та вторинного окиснення ліпідів були зареєстровані, але залишається проблема взаємодії комбінації і перестановки багатьох сполук [198]. Не усі продукти реакцій усередині групи C₆-C₉ альдегідів, кетонів та спиртів мають однаковий запах, оскільки діє багато чинників, що впливають на біогенезис запаху, зокрема, відмінності у співвідношенні лінолевої і ліноленової кислот, а також їх концентрації у вільному стані.

1.5.3 Модифікації ароматутворюючих реакцій попередників

Звичайні шляхи хімічного синтезу або виділення з рослин досі є життєздатними, але біотехнологічне утворення ароматичних сполук стає все більш привабливим [199]. Вивчення механізмів утворення аромату шляхом ліпідної деградації ґрунтується на реакціях α-, β-окиснення або ліпоксигеназних перетвореннях. Альфа-окисненню піддаються жирні кислоти з дуже довгим ланцюгом – більше 20-ти вуглецевих атомів (при цьому від ЖК відщеплюється по одному атому вуглецю) або ЖК із розгалуженим вуглецевим ланцюгом, наприклад, фітанова (через присутність метильних груп у кожного третього атома вуглецю їх β-окиснення неможливе). Процес β-окиснення (цикл Кноопа-Лінена) є специфічним шляхом деградації жирних кислот, що протікає тільки в аеробних умовах. У результаті від молекули жирної кислоти послідовно відщеплюються двовуглецеві фрагменти з боку карбоксильної групи [171, 200].

Оксигенування, або ліпоксигеназний шлях, призводить до появи гідропероксидного радикала -ООН. Подвійний зв'язок під час реакції оксигенування здвигається на одне положення з утворенням зв'язаного дієну. Якщо відбувається подвійне оксигенування ліноленату, то можливе утворення зв'язаного трієну (-CH = CH-CH = CH-CH = CH). У реакціях окиснення ліпідів вільні радикали займають центральне місце. Вони є молекулами або атомами, що мають у структурі неспарені електрони (рис. 1.3).

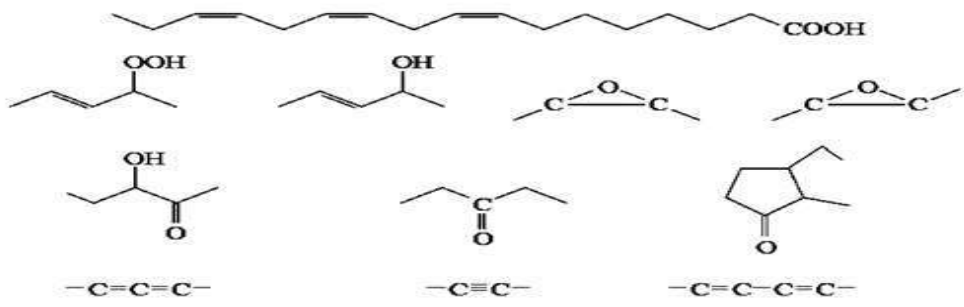


Рисунок 1.3 – Утворення радикалів лінолевої кислоти [120]

Ці вільні радикали значно розрізняються за своєю енергією [200]. Окиснення жирних кислот можна розділити на три основні стадії – ініціації, розвитку та закінчення окиснення. Сучасні уявлення про механізм окиснення ліпідів засновані на перекисній теорії Баха-Енглера, теорії ланцюгових вироджено-розгалужених реакцій Семенова, а гідроперекисів – на теорії Фрамера (міграція подвійних зв'язків).

Аналіз літературних джерел показав, що систематизувати можливі шляхи утворення аромату з попередників ліпідної природи можна за такими позиціями:

- положення метиленової групи, гідроперекисного радикала;
- кількості і положення подвійних зв'язків у ПНЖК (положення подвійних зв'язків: ізольовані, зв'язані, кон'юговані);
- перебування ПНЖК у вільному стані або у складі ТАГ, фосфоліпідів, галактоліпиду;
- співвідношення 9 і 13 гідроперекисів у системі;
- наявність ізомерів ферментів і їх стереоспецифічності.

Більшість LOX рослинного походження використовують як субстрати вільні жирні кислоти. Проте для двох рослинних 13-LOX, таких як LOX соєвих бобів і LOX огірків, була показана активність стосовно ПНЖК у складі фосфоліпідів, що відповідає припущенню про участь LOX у процесах проникнення через мембрану. У результаті зміни фізико-хімічних властивостей мембран за допомогою модифікації їх жирнокислотних залишків може бути забезпечене надходження асимілятів та іонів у клітину. Для інших 13-LOX, таких як LOX із насіння ячменю, рослинних LOX із листя сої, була встановлена

активність стосовно жирних кислот у складі нейтральних ліпідів – тригліцеридів [194, 201]. Окиснення, викликане ліпоксигеназами, може проходити не лише шляхом розщеплювання ПНЖК, але й утворенням вільних радикалів жирних кислот, що ініціюють процес самоокиснювання (автоокиснення). Спонтанне утворення ароматичних похідних ліпідів шляхом самоокиснення призводить до утворення з молекули жирної кислоти оксокислоти, але вони та гідроперекиси, на запах не впливають [188, 202]. Утворення вільних радикалів може бути результатом дії іонізуючого випромінювання, за якого з води утворюються активні гідроксильні радикали ($\cdot\text{OH}$), здатні відділяти від ліпідів водень, а також молекули білків і ДНК. Опромінення харчових продуктів, особливо з високим вмістом жирів і прооксидантів, може посилити їх окиснювальне згіркнення – фотоокиснення (рис. 1.4).

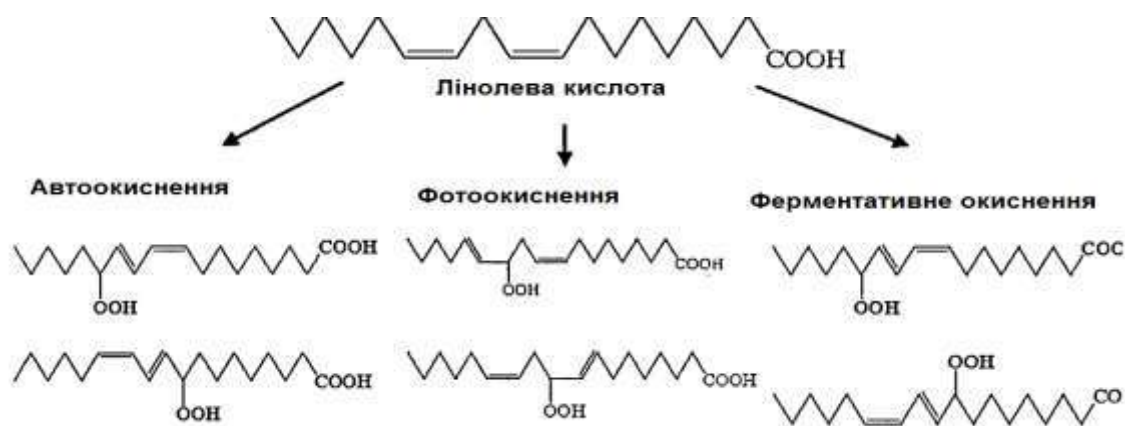


Рисунок 1.4 – Шляхи перетворень лінолевої кислоти [142]

Для здійснення ферментативних реакцій за участю ліпідів клітини у свіжих плодах (огірки, томати, банани й ін.) досить механічного подрібнення або гомогенізації. Показано, що кількість летких сполук збільшилась після порушення цілісності плодів завдяки тому, що ферменти вступають в контакт на поверхні розділу [203].

Тобто, на відміну від автоокиснення та фотоокиснення, ферментативне окиснення відбувається за кілька хвилин і не призводить до утворення згірклих запахів, як буде показано далі. Окислювальне розщеплення жирних кислот до карбонільних сполук з прогірклим смаком та ароматом пов'язують з утворенням 11-гідроперекисів, а не 9-НРОs та 13- НРОs, та утворенням сполуки гепт-4-еналь.

ЛОГ є розчинними протеїнами, що знаходяться в стромі хлоропластів, вакуолях, цитозолі, мітохондріях або ліпідних везикулах (олеосомах). На противагу цьому, субстрати ЛОГ погано розчинні у водному середовищі за фізіологічного значення рН. Передбачається, що можливим механізмом активації розчинних ЛОГ є їх факультативна Ca^{2+} – залежна асоціація з клітинними мембранами, де локалізовані гідрофобні субстрати ЛОГ [194]. Оскільки ліпідні попередники мають гідрофобні властивості, а ферменти – гідрофільні, ферментативні реакції в умовах *in vitro* відбуваються з дуже низькою швидкістю. Для підвищення швидкості ліпід-субстратних реакцій в водно-ліпідних системах використовують поверхнево-активні речовини (ПАР), які збільшують площу контакту між компонентами та зменшують товщину водної оболонки. Площа поверхні є чинником, що впливає на швидкість окиснення ліпідів. Збільшення площі поверхні жирової фази підвищує швидкість окиснення ліпідів, оскільки збільшується площа їх контакту з киснем і прооксидантами. Кінетика окиснення ліпідів у харчових продуктах часто характеризується деякою фазою затримки (лаг-фазою), після якої починається експоненціальне збільшення швидкості окиснення [139]. Окиснюватись можуть як вільні жирні кислоти, так і ацильні групи. У більшості харчових продуктів після лаг-фази проходить швидке експоненціальне збільшення вмісту продуктів окиснення. Це свідчить про те, що існує декілька реакцій окиснення ліпідів, за яких утворюються додаткові вільні радикали [198]. Оскільки в ланцюгах ненасичених жирних кислот існують численні позиції для утворення гідропероксидів, у результаті реакцій β -розщеплення утворюється багато різних продуктів.

Динамічні властивості ліпідного матриксу мембрани забезпечують конформаційну рухливість ферментів. Властивості ліпідного матриксу пов'язані зі структурними перебудовами у біологічних мембранах [204]. Наприклад, у заморожених плодах кристалізація води індукує активацію мембранно-пов'язаних ліполітичних ферментів і, як наслідок, істотну зміну складу та фізико-хімічних характеристик жирних кислот мембранних ліпідів. Теплова обробка ліпідів мембран змінює їх фізичні властивості та впливає на процес

окиснення, що здійснюється ендогенними ферментами. Теплова дія, заморожування, електричний пробій, осмотичний тиск – чинники, що обумовлюють структурні перебудови й активність ендогенних ферментів [205].

Первинні продукти ліпоксигеназної реакції, гідропероксиди жирних кислот швидко метаболізуються двома головними шляхами: ліпоксигеназний каскад і пероксигеназний каскад (утворення гідроксі- й епоксі-похідних, каталізоване гідропероксидзалежною оксигеназою (пероксигеназою), що переносить один атом кисню від гідроксипероксидних радикалів жирних кислот на подвійний зв'язок олеату або лінолеату з утворенням епоксиду) [206].

У гомогенізованих соєвих бобах основним продуцентом гексаналю є ліпоксигеназа-2 [207]. У присутності ізоформ 1, 3 або їх обох здатність ізоформи-2 до утворення гексаналю знижується, що свідчить про залежність перетворень гідропероксидів жирних кислот від виду, що продукує їх ізоформи. Ізоформа-2 обумовлює також утворення небажаних летких речовин, у зв'язку з чим у тісто вносять не більше 1 % борошна з бобових. Відомо, що у гороху та картоплі існують ЛОГ подвійної специфічності [194, 208], що каталізують формування суміші продуктів – 9- і 13-гідроперокси-похідних у різному співвідношенні.

Ініціюють або прискорюють окиснення ліпідів прооксиданти, які не є дійсними каталізаторами (наприклад, синглетний кисень перетворюється на гідропероксид, а іон заліза переходить в окиснений стан). Прооксиданти можуть прискорювати окиснення ліпідів або завдяки прямим взаємодіям із ненасиченими жирними кислотами з утворенням гідропероксидів (наприклад, ліпоксигеназа або синглетний кисень), або шляхом стимулювання утворення вільних радикалів (наприклад, розкладання гідропероксиду, активоване перехідним металом або УФ-випромінюванням). Ліпідні гідропероксиди не беруть участь в утворенні неприємних присмаків і запахів [209]. Водорозчинні продукти процесу переокиснення ліпідів роблять інгібірувальний вплив на активність ферментів [210].

Структурні перебудови у біологічних мембранах, що відбуваються під час переокиснення ендогенних мембранних ліпідів, сприяють зміні активності

мембраннозв'язаних ферментів. Якщо НРО (гідропероксид) локалізований на 9-му атомі вуглецю або на 13-му атомі вуглецю, а β -розщеплення відбувається з боку метильного кінця молекули, то НРО (гідропероксид) спершу розкладається з утворенням алкоксильного радикала, а потім – з утворенням двох продуктів реакції – 9-оксоноаноата та вінілового радикала на 9-му атомі вуглецю (олефінового радикала). Ці вінілові радикали часто взаємодіють із гідроксильними радикалами з утворенням альдегідів, даючи таким способом 3-ноненаль [211]. Гідропероксид лінолевої кислоти може піддаватися β -розщепленню і за карбоксильним кінцем жирної кислоти, коли після утворення алкоксильного радикала утворюється етил октаноат і 2,4-декадієналь [212]. Роль проміжних продуктів розпаду ліпідів, наприклад ізомерів гідропероксидів, в утворенні аромату вивчається у фізіології і біохімії рослин (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Альдегіди, що відповідають ізомерам гідроперексидів [159]

Назва ПНЖК	Позиція метилової групи	Ізомери гідропероксидів	Альдегіди
Олеїнова	11	11-гідропероксид-9-ен 9- гідропероксид -1 0-ен	октаналь 2-деценаль
	8	8- гідропероксид -9-ен 1 0- гідропероксид -8-ен	2-ундеценаль ноненаль
Лінолева	11	1 3- гідропероксид -9,1 1-дієн 11- гідропероксид -9,12- дієн 9- гідропероксид - 10, 12- дієн	гексаналь 2-октеналь 2,4-декадієналь
Ліноле- нова	14	16- гідропероксид -9, 12, 14- трієн 14- гідропероксид -9, 12, 15- трієн 12- гідропероксид -9, 13, 15-трієн	пропаналь 2-пентеналь 2,4-гептадієналь
	11	13- гідропероксид -9, 11,15- трієн 11 - гідропероксид -9,12,15- трієн 9- гідропероксид - 10,12,15- трієн	3-гексеналь 2,5-октадієналь 2,4,7-декатрієналь
Арахідо- нова	13	15- гідропероксид -5,8,11,13-тетраєн 13- гідропероксид -5,8, 11,14-тетраєн 11 - гідропероксид -5,8, 12,14-тетраєн	гексаналь 2-октеналь 2,4-декадієналь
	10	12- гідропероксид -5,8, 10, 14- тетраєн 10- гідропероксид -5,8, 11,14-тетраєн 8- гідропероксид -5,9,11 ,14-тетраєн	3-ноненаль 2,5-ундекадієналь 2,4,7-тридекатрієналь
	7	9- гідропероксид -5,7, 11,14-тетраєн 7- гідропероксид -5,8, 11,14-тетраєн 5- гідропероксид -6,8,11 ,14-тетраєн	3,6-додекадієналь 2,5,8-тетрадекатрієналь 2,4,7,10-гексадека- тетраєналь

Продукти розщеплювання ПНЖК часто містять подвійні зв'язки та (у деяких випадках) неушкоджені пентадієнові системи. Ці системи подвійних зв'язків можуть піддаватися відриву атома водню або атаці синглетного кисню, що призводить у результаті до утворення додаткових продуктів розкладання і унікальних ароматів [213]. Упродовж процесу приготування їжі ароматичні сполуки, що природно присутні, можуть бути усунені або змінені, або можуть з'явитися нові сполуки. Щоб зберегти природну ноту, ароматичні сполуки можуть бути введені під час або в кінці процесу приготування. Це дуже важливо для продуктів, що містять ліпіди.

Ароматичні продукти окиснення ліпідів мають ліпофільний склад і внаслідок невеликої розчинності у водній фазі максимально розподіляються в повітрі. Концентрацію C_6 - C_9 карбонільних сполук у повітряній фазі можна змінити, якщо враховувати здатність цих компонентів розчинятися в жирах і подібність їх коефіцієнта розподілу в системі вода:олія. За необхідності такі продукти окиснення видаляють із поверхні розділу фаз, наприклад, гідробіонтів [214]. Шляхом порівняння кінетики вивільнення в різних матрицях (у присутності ліпідів й у присутності вуглеводів) було проведено кінетичне дослідження швидкості вивільнення шести ароматичних сполук [215]. Зменшення початкової швидкості вивільнення (діацетил, 2-пентанон і цис-3-гексенол етилацетат, етилгексаноат, транс-2-гексенал) було важливішим у присутності ліпідів.

Відмінності ферментативних властивостей 9-LOX і 13-LOX, кінетичні параметри середовища та вплив фізико-хімічних властивостей субстратів відіграють вирішальну роль у протіканні реакцій вільних жирних кислот і ТАГ, в утворенні летких коротколанцюгових альдегідів і спиртів різного складу. У роботі М. Гаргори [107] показаний ефективний синтез специфічних летких C_6 - C_9 сполук із використанням чистого субстрату, або 13- чи 9-гідропероксида жирних кислот (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - АК, утворені залежно від позиції окиснення [107]

Вільні ПНЖК	Позиція окиснення	Альдегіди	Спирти
Лінолева кислота	C 13	Гексаналь (жирний запах, зелений, фруктовий)	гексан-1-ол (свіжий зелений)
Ліноленова кислота	C 13	3Z-гексенал (нестабільний) 2E-гексенал (зелене листя, фруктовий)	3Z-гексен-1-ол (зелена трава, свіжий), 2E-гексенол (фруктовий, зелений)
Лінолева кислота	C 9	3Z-ноненаль (огірок) 2E-ноненаль (цитрусові)	3Z-ноненол і 2E-ноненол (диня, восковий)
Ліноленова кислота	C 9	3Z,6Z-нонадіеналь (диня, огірок, перець), 2E,6Z-нонадіеналь (зелені овочі, огірок)	3Z, 6Z-нонадіенол (кавун) 2E, 6Z-нонадіенол (зелений трав'яний, гіркокого гарбуза)

Для досягнення оптимальної ефективності під час методів виробництва летких сполук за допомогою ліпоксигенази, тенденція полягає у використанні рослинних екстрактів як джерел ліпоксигенази і/або гідроперекисліази. Визначено, що в якості джерела жирних кислот оптимально використовувати гідролізат олії насіння, алкогольдегідрогенази – дріжджі [216, 217].

Альдегіди та кетони, що утворюються під впливом ліпоксигенази, перетворюються на відповідні спирти, які зазвичай мають вищий поріг виявлення та більш виражений запах, ніж початкові карбонільні сполуки. Крім того, цис-транс-ізомерази перетворюють цис-зв'язки альдегідів у транс-зв'язки, що також змінює їх запах через ці структурні зміни. Як правило, сполуки з шістьма атомами вуглецю дають аромат зелені («свіжоскошеної трави»), з дев'ятьма – запах огірків і дині, а з вісьмома – грибів, листя фіалки та герані. Механізмів для синтезу інших альдегідів (в значній мірі) невідомо [218].

Таким чином, незважаючи на різнопланові наукові дослідження вітчизняних та іноземних вчених з питань утворення аромату за участі попередників промислове застосування цих процесів залишається проблематичним. Результати досліджень зарубіжних та вітчизняних науковців доводять, що відновлення свіжого аромату оброблених продуктів може відбуватися шляхом спрямованих ферментативних процесів за участю попередників аромату. Дослідження природних процесів утворення аромату на модельних системах за участю виділених та очищених ферментів відновлення

аромату ускладнюється декількома факторами, зокрема обмеженими відомостями з можливостей біопотенціалу сировини. За визначенням Мацуї К. робота над класичними сполуками GLV вступає в нову еру [219].

1.6 Збагачення ароматичного профілю харчової продукції

Одним із способів ароматизації харчової продукції є відновлення втраченого аромату. Прийнято вважати, що відновлення аромату – це повернення ароматичних компонентів, втрачених під час концентрації соків [220–222]. Ароматичні компоненти уловлюють у процесі випаровування води з соків або інших продуктів і збирають у дистиляті. Ароматизатори у вигляді концентрованих дистилятів додають у кінцевий продукт для відновлення оригінальних смаків і ароматів, оскільки технологічна обробка продуктів харчування і напоїв призводить до зміни їх аромату [223]. Дистиляти є розчинами, отриманими шляхом розподілу рідких компонентів аромату за точками кипіння або відділення рідини від речовин, що важко випаровуються, тобто перегонкою [224]. Для того, щоб перегнати більшу частину ароматичних речовин із соків насінневих плодів, необхідно за атмосферного тиску випарувати приблизно 10 % вологи, а під вакуумом – від 15 до 85 % [225]. Концентровані дистиляти (FTNF, WONF) користуються попитом у харчовій промисловості через тривалий термін зберігання та невеликий об'єм. Але за значної різноманітності натуральних ароматизаторів, багато з них отримані виділенням певної групи ароматичних компонентів, наприклад одного розміру або молекулярної маси. Промислові рідкі ароматизатори, виконуючи функцію насичення продукту ароматом, як правило, заповнюють переважно фруктові, карамельні тони і часто не відображають аромат плоду, з якого він був витягнутий. Тому невідповідність рідких ароматизаторів вихідній сировині – актуальна проблема, досліджувана в області ароматизації і цієї роботи.

Концентрація ароматичних компонентів під час дифузного випаровування через мембрану, коли концентрують не усі, а тільки ключові ароматичні сполуки з природних джерел, отримала інтенсивний розвиток у процесах первапорації

[226, 227]. Використання цих концентрованих ароматів має такий недолік, як відсутність натурального оригінального аромату в процесі відновлення. Ця проблема також пов'язана зі складністю збереження відносних концентрацій різних ароматичних сполук, їх пропорцій. За опублікованими дослідженнями, жоден з існуючих методів концентрації не здатний точно відновити оригінальний смак і аромат продукту. Ці методи удосконалюються, проте залишається необхідність додаткового регулювання аромату в процесі відновлення [228]. Цікавим є процес відновлення аромату у ферментованих напоях з пониженим вмістом калорій [229]. Із цих напоїв видаляють етанол шляхом діалізу. Потім із діалізної рідини за допомогою вакуумної перегонки відділяють спирт, а рідину, що залишилася, з ароматами повертають до основного продукту. Аромат у готових продуктах, як наприклад, у безалкогольному вині, залишається в первинній концентрації і є досить виразним, як до перегонки. У більшості випадків уведення тільки ключових компонентів не вирішує проблему відновлення аромату, а використання дистилятів з цією метою вимагає подальшого розвитку. Під час практичного вирішення проблеми відновлення аромату головним недоліком було проведення переважно лише ідентифікації виявлених ароматоутворюючих речовин, тобто встановлення лише їх якісного складу. При цьому абсолютно незрозумілим залишалось питання, чи зможуть знайдені речовини за своєї виключно малої концентрації взагалі брати участь в утворенні аромату харчового продукту, чи вони є лише фізіологічно невідчутними супутніми речовинами. Дуже багато простих за будовою ароматоутворюючих речовин виявлено практично в усіх харчових продуктах. Сюди, наприклад, відносяться прості спирти (від C_2 до C_6), ацетальдегід, гексаналь, ацетон, етил ацетати й оцтова кислота. В усіх харчових продуктах, у яких, застосовуючи сучасні методи і за великих дослідницьких витрат, шукали ароматутворюючі речовини, констатували одночасну присутність усього ряду парних насичених жирних кислот від C_2 до C_{18} .

Бажання їсти впливає на величину рефлексорної секреції шлункового соку. І. П. Павлов щодо цього писав, що «ніякий інший подразник не зможе зрівнятися ні в якісному, ні в кількісному відношенні з пристрасним бажанням їсти, як

збудник шлункового соку» [230]. У світі існують особливі лікувальні або спеціальні дієти зі стравами вареними, приготовленими на парі, протертими. Особливість дієтичного харчування полягає в тому, що інгредієнти страв, як правило, проходять одну-дві короткочасні технологічні операції: подрібнення та варіння. Характерною особливістю приготування лікувального (дієтичного) харчування є використання в технології хімічного, механічного та термічного щадіння [231]. Аналіз рецептурного складу та технологічних прийомів обробки сировини у вітчизняних закладах оздоровлення доводить, що за відсутності обсмаження (утворення ароматичних продуктів реакції Майяра), унаслідок утримання аромату харчовою матрицею, більшість блюд взагалі можуть не мати ароматного профілю. Спеції та прянощі в лікувальному харчуванні використовують вкрай рідко і з великою обережністю.

Рецептура лікувальних блюд в основному представлена 2–3-ма компонентами, зазвичай це овочі, крупи та м'ясо або риба. Під час приготування за умов термічного щадіння аромат їжі одноманітний та невиразний. Наведені фактори негативно впливають на апетит, а споживання їжі не приносить задоволення. Враховуючи, те що дієтичного меню необхідно дотримуватись декілька місяців, ароматизація в дієтичному та лікувальному харчуванні посідає важливе місце [232]. Разом із вимогою сьогодення для харчових продуктів, що звучить як «смачно та зручно», з'являються додаткові вимоги, щоб продукти містили нижчі рівні цукру, жиру та солі або «чисту етикетку» (0 % консервантів, ароматизаторів, цукру, солі, жиру). Нами проаналізовані групи харчового раціону та складена узагальнена схема споживачів, які потребують дотримання певних харчових обмежень (рис 1.5).

Багатьом харчовим продуктам надають специфічного аромату ключові речовини. При варінні харчових продуктів виділяються різні речовини, які у сирому продукті у вільному стані не містяться. Це формальдегід, ацетальдегід та альдегіди, що при окисненні дають нелеткі кислоти. Поряд з альдегідами постійною складовою частиною летких речовин при варінні є сірководень (при варінні м'яса, картоплі, молока). Варіння таких продуктів, як м'ясо, яйця,

капуста, картопля супроводжується виділенням фосфористого водню внаслідок розщеплення фосфатидів і денатурації фосфопротеїдів [232, 233].



Рисунок 1.5 – Зміни аромату харчових продуктів довготривалого вживання окремих харчових раціонів

У харчових продуктах рослинного походження диметилсульфід утворюється із біосинтезованих молекул, особливо із солей 8-метилметіонінсульфонію, які недостатньо термостійкі, і в процесі кулінарної обробки диметилсульфід легко вивільняється. Диметилсульфід надає характерного запаху свіжозвареній і консервованій солодкій кукурудзі, а також томатному соку й іншим термообробленим томатним продуктам [233].

Додавання солі до харчових продуктів призводить до зниження активності води (a_w) через утворення сильних іонно-дипольних взаємодій між іонами солі та води. Це призводить до зниженої доступності молекул води для сольобілізації ароматних сполук. Це явище, відоме як ефект «висолювання», призводить до збільшення виділення аромату з їжі через знижену доступність молекул води для сольобілізації ароматних сполук [234]. Ефект «висолювання» був зафіксований в овочевих супах із різною концентрацією аромату та кольору. Сенсорні дані показали, що атрибути «зелений колір», «солодкий перець» були пов'язані з низьким вмістом солі. Суп з атрибутами «солоний», «жовтий колір», «аромат

моркви» визначений зі звичайною солоністю і вищими концентраціями лімонену, п-кумола, бета-каріофіллена й ізопропілового дисульфіді [235].

Розчинні порошкові напої, такі як розчинна кава або чай, відносно позбавлені запаху порівняно з їх початковим станом або початковим матеріалом, а саме, смаженою і меленою кавою та ферментованим чайним листям. Така ж низька ароматична ситуація існує і з сушеними фруктовими соками, такими як ліофілізований апельсиновий сік, порівняно з натуральними фруктами, з яких отриманий сік. Після аналізу патентних заявок запропоновано використати компоненту, що містить олію, в якій, на думку авторів [236], містяться загублені аромати. На прикладах показано, як крапельки кавової олії певного розміру та концентрації можуть збагачувати запах кінцевого продукту. Подібні технологічні операції можуть застосовуватися до сушених напівфабрикатів.

Процеси утворення нових ароматичних речовин харчових продуктів протікають у часі. Прогнозування аромату багатьох дієтичних термооброблених продуктів на підставі колеса аромату доводить домінування двох секторів із суповими та сірчистими ароматичними компонентами. Такий стан страв обумовив наші подальші дослідження в галузі ароматизації харчових продуктів.

Оскільки ароматичні компоненти можуть утримуватися харчовою матрицею і десорбуватися з різною інтенсивністю, внесення саме ароматизаторів не завжди є виправданим. Останнім часом було визнано як важливу сферу досліджень застосування зелених листових овочів, які в основному не культивують (дикорослих), і їх потенційні вигоди для здоров'я і дієтичного харчування [237, 238]. Використання дикорослих рослин у щоденному раціоні, заснованому на місцевій кухні, потенційно представляє значний інтерес для вчених-дослідників у галузі харчування через значення цих рослин як місцевих продуктів і їх потенціал як джерел нових нутрицевтиків. Крім користі для здоров'я, такі продукти також є важливими елементами визначення локальної або регіональної ідентичності. Для України такий фактор розвитку харчової провистості із застосуванням дикорослих рослин, відкриває в галузі ароматизації можливість світового визнання. Особливо, такий потенціал набуває важливості у найближчі 10-15 років, коли будуть більше приділяти уваги специфічним

джерелам харчових нутрієнтів – цистозіра, вирощені в лабораторних умовах водорості, м'ясо та ін.

На відміну від інших держав, в Україні законодавча база стосовно виробництва та застосування ароматичних компонентів практично відсутня. Недивлячись на велику різноманітність ароматичних компонентів в державних стандартах зазначені тільки «прянощі», як об'єкт що підлягає державній сертифікації. Такий стан справ задовольняє багатьох виробників харчових продуктів, надаючи їм можливість використовувати закордонні ароматизатори без будь-яких суттєвих обмежень.

Зацікавленість виробників харчових продуктів в ароматизації харчових продуктів полягає перш за все зробити продукцію привабливою для споживача. Шалений успіх ТМ «Мівіна», чипсів, бульонних кубиків, приправ полягає в специфічному ароматі та смако-ароматичних властивостях. З іншого боку споживачі розуміють шкідливість багатьох ароматизованих харчових продуктів. Заклик науковців до фірм-виробників застосувати нові прийоми ароматизації не знаходить відгуку внаслідок економічного стану справ в Україні: дешеві синтетичні закордонні ароматизатори сумнівного походження все ще широко використовуються в індустрії харчування.

Відсутність узагальнення світового досвіду в питаннях використання ароматизаторів, наукових шкіл з використання ароматичних компонентів в харчовій галузі, цілеспрямованих досліджень в галузі способів ароматизації, вимагає робити певні кроки для зміни ситуації в країні. Розвиток гастрономічного туризму, інформація з інтернет-ресурсів дозволяє споживачам харчових продуктів оцінювати сучасну ситуацію та робити висновки: відмова від шкідливих добавок, перехід до натуральних ароматичних компонентів, використання профілактичних дієт – запорука здорового способу життя. Харчові продукти оздоровчі, дієтичні, спеціального призначення потребують покращення ароматичних характеристик для зацікавлення людей у їх споживанні. Використання природних джерел ароматичних речовин задля ароматизації харчових продуктів пов'язане з багатьма невирішеними питаннями. Однією з причин такого становища є вузько спрямовані наукові розробки та пропозиції ароматизації продукції природними носіями аромату.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. У тенденціях розвитку технологій ароматизаторів та ароматизованої харчової продукції важлива роль належить вивченню нейрогастрономії, аромакології, міжкультурним перевагам, органічності, розвитку універсальних панелей тестування ароматів, розробці ароматизованих продуктів для різних вікових категорій споживачів. Аромат впливає на регулювання функцій життєдіяльності людини: здатність розпізнавати запахи залежить від фізіологічних особливостей епітелію, віку, традицій, психологічної асоціації із запахом та інших чинників. Саме тому підхід до процесу ароматизації харчової продукції повинен бути диференційованим та науково обґрунтованим.

2. Способи отримання ароматичних компонентів можуть бути пов'язані як з процесами їх вилучення, так і з процесами утворення. Розвиток способів впливу на попередники ароматичних речовин є прогнозованим процесом інноваційного розвитку у сфері ароматехнологій. У світі найбільш важливою властивістю ароматів є їх здатність впливати на смакові відчуття, що надає можливість для зменшення кількості солі, цукру, жиру в харчовій продукції. Опанування цією здатністю вимагає нових підходів до способів отримання ароматичних компонентів.

3. Виявлено, що серед способів ароматизації харчової продукції відсутні напрями ефективного використання біопотенціалу рослинної сировини, а попередники аромату більшістю пов'язані з реакціями Майяра. Дослідження природних механізмів утворення ароматичних компонентів рослин здійснено з метою генних маніпуляцій, у той час як відтворення цих механізмів у харчовій продукції дозволить розробити технології ароматизації харчової продукції на основі попередників. У способах ароматизації харчової продукції важливе місце займає властивість людського організму розрізняти аромати за різними порогоми сприйняття, а також супутні компоненти харчової матриці, які впливають на вивільнення аромату.

4. Попередниками аромату можуть бути глікозиди, амінокислоти,

вуглеводи або ПНЖК, які через частоту й особливості використання отримали в деяких країнах статус харчової добавки (прекурсори ароматизатора). Умови реакцій утворення аромату досліджені на відходах плодів, рослинних олій у процесах біосинтезу *de novo synthesis* і біотрансформації. Управління реакціями утворення аромату *in situ* є альтернативою використанню традиційних ароматизаторів. Участь попередників в утворенні ароматів і їх відновленні у термообробленій сировині є важливою і перспективною галуззю дослідження.

5. Використання природних джерел ароматичних речовин задля ароматизації харчових продуктів, пов'язане з багатьма невирішеними питаннями. Однією з причин такого становища є вузько спрямовані наукові розробки та пропозиції ароматизації продукції природними носіями аромату. Повторення природних реакцій синтезу ароматів у рослинах під час будь якої технологічної обробки рослинної сировини дозволяє переглянути та доповнити класичні технології отримання харчової продукції та методів їх ароматизації.

6. Аналіз існуючих способів ароматизації харчової продукції показав відсутність застосування таких інгредієнтів, як «прекурсори аромату» або «сировина, що володіє властивостями ароматизатора». Відсутні спеціалізовані науково-дослідні лабораторії, що займаються проблемою ароматизації харчової продукції, відновленням втраченого аромату, попри те, що в продуктах тривалого зберігання існує проблема відновлення аромату. Українська природа багата на унікальні ароматичні компоненти, які представляють великий споживчий інтерес. Тому наукові розробки з використанням дозволять розширити уявлення про можливості потенціалу рослинної сировини та відповідний асортимент ароматизаторів з якісно новими властивостями.

Основні результати розділу опубліковані у працях: [1, 25, 26, 28, 29, 72, 73]

Література до розділу 1

1. Shepherd G. M. Smell images and the flavour system in the human brain. *Nature*. 2006. Vol. 444. № 7117. P. 316-321.
2. Olofsson J.K., Ekström I., Larsson M., Nordin S. Olfaction and Aging: A Review of the Current State of Research and Future Directions. *I-perception*. 2021 Jun 26. 12(3). 20416695211020331.
3. Bilenka I., Golinskaya Y., Kalugina I., Kiurcheva L. Comprehensive Assessment of the White Roots Aroma. In *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing. 2019. p. 605-613.
4. Rothe M., Sc. D. *Aroma von Brot*. Akademie-Verlag, 1974. 196 p.
5. Poette J., Lubbers S., Maison B., Andrito I., Pernin K., Guichard E., Feron G. The salivary reactor: an innovating tool for the categorization of food products through their aroma and taste compounds release profiles. In *Advances and challenges in flavor chemistry & biology. Proceedings of the 9th Wartburg Symposium* Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 2010. P. 386-389.
6. Zhang Y., Chen Y., Chen J. The starch hydrolysis and aroma retention caused by salivary α -amylase during oral processing of food. *Current Opinion in Food Science*. 2022. 43. 237-245
7. Pagès-Hélary S., Andriot I., Guichard E., Canon F. Retention effect of human saliva on aroma release and respective contribution of salivary mucin and α -amylase. *Food Research International*. 2014. 64. P. 424-431.
8. Lapis T. J., Penner M. H., Balto A. S., Lim, J. Oral digestion and perception of starch: Effects of cooking, tasting time, and salivary α -amylase activity. *Chemical senses*, 2017. 42(8), P. 635-645.
9. Ковалинська І. Невербальна комунікація. Київ: Освіта України, 2014. 289 с.
10. Thangaleela S., et al. Essential oils, phytoncides, aromachology, and aromatherapy – a review. *Applied Sciences*. 2022. 12.9. P. 4495.

11. Shanahan L. K., Bhutani S., Kahnt T. Olfactory perceptual decision-making is biased by motivational state. *PLoS biology*. 2021.19(8), e3001374.
12. Beauchamp G. K., Mennella J. A. Flavor perception in human infants: development and functional significance. *Digestion*. 2011. Vol. 83. Suppl. 1. P. 1-6.
13. Stuckey B. Taste What You're Missing: The Passionate Eater's Guide to Why Good Food Tastes Good . Simon and Schuster, 2012. 416 p.
14. Velasco C., Michel C., Spence C. Gastrophysics: Current approaches and future directions. *International Journal of Food Design*. 2021. 6(2), P. 137-152.
15. Food pairing from the perspective of the volatile compounds in food database / M.Kort, B. Nijssen, K. van Ingen-Visscher, K. Donders. // Expression of Multidisciplinary Flavour Science: Proceedings of the 12th Weurman Symposium, Interlaken, Switzerland, 2010. P. 589–592.
16. Ahn Y., Ahnert S. E., James B. P., Barabasi A. Flavor network and the principles of food pairing . *Scientific reports*. 2011. №1. C. 1–7.
17. Zarzo M. Hedonic Judgments of Chemical Compounds Are Correlated with Molecular Size. *Sensors*. 2011. №11. C. 3667–3686.
18. De Luca R., Botelho D. The unconscious perception of smells as a driver of consumer responses: A framework integrating the emotion-cognition approach to scent marketing. *AMS Review*, 2021. 11(1), 145-161.
19. Tiramal M. R. S., Jain B. V., Pawar S. R., Shaikh M. T. Y. Multipurpose skin care emulgel from natural oils. *International Journal Of All Research Writings*, 2022. 4(12), P. 115-126.
20. Civille G. V., Carr B. T., Osdoba K. E. Sensory evaluation techniques. CRC press. 2024. 563 p.
21. Spence C. Factors affecting odour-induced taste enhancement. *Food Quality and Preference*. 2022. 96. 104393.
22. Feron G., Salles C. Food oral processing in humans: Links between physiological parameters, release of flavour stimuli and flavour perception of food. *International Journal of Food Studies*. 2018. 7(1). P.1-12.

23. Neomániová K., Berčík J., Jurčíšín P. The Impact of Aromas on Consumers' Emotions: Conscious and Unconscious Evaluation. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*. 2024. 32(1). P. 58-66.
24. Herz R. S. I know what i like: understanding odor preferences. *The smell culture reader*. 2006. P. 190-203.
25. Науменко Н. В. Сенсорна образність у найменуваннях харчових продуктів. *Наукові праці НУХТ*. 2007. № 20. С. 66-69.
26. Ferdenzi C., Coureaud G., Camos V., Schaal B. Human awareness and uses of odor cues in everyday life: results from a questionnaire study in children. *International Journal of Behavioral Development*. 2008. Vol. 32. № 5. P. 422-431.
27. Croy I., Nordin S., Hummel T. Olfactory disorders and quality of life – an updated review. *Chemical senses*. 2014. 39(3). P. 185-194.
28. Gosnell B. A., Levine A. S. Reward systems and food intake: role of opioids. *International journal of obesity*, 2009.33(2). S54-S58.
29. Garfield J. B., Lubman D. I. Associations between opioid dependence and sweet taste preference. *Psychopharmacology*. 2021. 238. P. 1473-1484.
30. Jain A., Mishra A., Shakkarpude J., Lakhani P. Beta endorphins: the natural opioids. *Ijcs*. 2019. 7(3). P. 323-332.
31. Magesh P. Food And Mood-The Interplay Between Nutrition, Mood, Brain, And Behavior. *IJO-International Journal of Social Science and Humanities Research*. 2022. 5(12). P.1-12.
32. Turin L., Yoshii F. Structure-odor relations: a modern perspective. *Handbook of Olfaction and Gustation*. CRC Press, 2003. 36 p.
33. Velasco C., Balboa D., Marmolejo-Ramos F., Spence C. Crossmodal effect of music and odor pleasantness on olfactory quality perception. *Frontiers in psychology*. 2014. №5. C. 1352.
34. Fisher C., Scott T. R. Food flavours: biology and chemistry. Royal Society of chemistry, 2020. 176 p.
35. Cagliero C., Sgorbini B., Cordero C., Liberto E., Rubiolo P., Bicchi C. Enantioselective gas chromatography with cyclodextrin in odorant

- analysis. Springer Handbook of Odor, 2017. P.51-52.
36. Wu W., Pauly M. Chiral plasmonic nanostructures: recent advances in their synthesis and applications. *Materials Advances*, 2022. 3(1), 186-215.
37. King B. Orthonasal and retronasal perception of some green leaf volatiles used in beverage flavors. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2006. Т. 54. №. 7. С. 2664-2670.
38. Mostafa S., Wang Y., Zeng W., Jin B. Floral scents and fruit aromas: Functions, compositions, biosynthesis, and regulation. *Frontiers in plant science*. 2022. 13, 860157.
39. Хіврич Б., Роздобудько Б. В. Вплив заміників солоду на концентрацію основних смакових і ароматичних компонентів пива. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 3. С. 31-35.
40. Burdock G. A. Fenaroli's handbook of flavor ingredients. CRC press, 2009. 2159 с.
41. Ferreira V., De-La-Fuente-Blanco A., Sáenz-Navajas M. P. A new classification of perceptual interactions between odorants to interpret complex aroma systems. Application to model wine aroma. *Foods*. 2021. 10(7), 1627.
42. Grab W. Blended flavourings. In book: Flavourings: Production, Composition, Applications, Regulations, Second Edition, 2007. С. 391-434.
43. Chen B., Rhodes C., Crawford A., Hambuchen L. Wineinformatics: Applying Data Mining on Wine Sensory Reviews Processed by the Computational Wine Wheel. Data Mining Workshop (ICDMW), 2014 IEEE International Conference on. IEEE, 2014. С. 142-149.
44. Carocho M., Barreiro M., Morales P., Ferreira I. Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. № 13(4). С. 377-399.
45. Espinosa-Ramírez J. Seasonings for Snack Foods. In: *Snack Foods*. CRC Press. 2022. P. 179-200.
46. Leydesdorff L., Smith H. L. Triple, quadruple, and higher-order helices: historical phenomena and (neo-) evolutionary models. *Triple Helix*. 2022. 9(1). 6-31.
47. Gargouri M., Drouet P., Legoy M. D. Hydroperoxide-lyase activity in mint leaves:

- Volatile C6-aldehyde production from hydroperoxy-fatty acids. *Journal of biotechnology*, 2004. 111(1). 59-65.
48. Pogorzelski E., Wilkowska A. Flavour enhancement through the enzymatic hydrolysis of glycosidic aroma precursors in juices and wine beverages: a review. *Flavour and fragrance journal*. 2007. T. 22. №. 4. C. 251-254.
49. Liang Z., Fang Z., Pai A., Luo J., Gan R., Gao Y., Zhang P. Glycosidically bound aroma precursors in fruits: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. 62(1), 215-243.
50. Aroma enhancement in wines using co-immobilized *Aspergillus niger* glycosidases. / González-Pombo P., Fariña L., Carrau F. та ін. *Food Chem.* 2014. №143. C. 185–191.
51. Akacha N., Gargouri M. Microbial and enzymatic technologies used for the production of natural aroma compounds: Synthesis, recovery modeling, and bioprocesses. *Food and Bioproducts Processing*. 2015. T. 94. C. 675-706.
52. Galiano F., Borisov I. L., Volkov V., Figoli A. Recovery of Volatile Aroma Molecules from Agro-Food Systems by Means of Pervaporation. In: *Membrane Separation of Food Bioactive Ingredients*. Cham: Springer International Publishing. 2022. P. 239-278.
53. Jia X., et al. Citrus juice off-flavor during different processing and storage: Review of odorants, formation pathways, and analytical techniques. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2024. 64.10. P. 3018-3043.
54. Díaz-Reinoso B., Rivas S., Rivas J., Domínguez H. Subcritical water extraction of essential oils and plant oils. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2023. 36. 101332.
55. Grimm C. C., Lloyd S.W., Batista R., Zimba P. V. Using Microwave Distillation-Solid-Phase Microextraction–Gas Chromatography–Mass Spectrometry for Analyzing Fish Tissue. *Journal of Chromatographic Science*. 2000. Vol. 38 P.289-296.
56. Solvent-free microwave extraction of essential oil from *Dryopteris fragrans* and evaluation of antioxidant activity / X-J. Li, W. Wang, M. Luo та ін. *Food*

- Chemistry*. 2012. 133. P.437–444.
57. Zhang Y., Tang N., Shi L., Miao Y., Liu X., Ge X., ... Zhang X. Characterization and comparison of predominant aroma compounds in microwave-treated wheat germ and evaluation of microwave radiation on stability. *Journal of Cereal Science*. 2020. 93, 102942.
58. de Roos K. B. Understanding and controlling the behaviour of aroma compounds in thermally processed foods. *Trends in food science & technology*. 2006. 17(5). P. 236-243.
59. Ahmad J., Langrish T.A.G. Optimisation of total phenolic acids extraction from mandarin peels using microwave energy: The importance of the Maillard reaction. *Journal of Food Engineering*. 2012. №109. P.162–174.
60. Добробабина Л., Безусов А. Т. Современные технологии пищевых продуктов из гидробионтов. Одеса: Optimum, 2008. 300 с.
61. Ibrahim G.E., El-Ghorab A.H., El-Massry K.F., Osman F. Effect of Microwave Heating on Flavour Generation and Food Processing. The Development and Application of Microwave Heating, Chapter 2, 2012. 28 с.
62. Dynamic microstructures and fractal characterization of cell wall disruption for microwave irradiation-assisted lipid extraction from wet microalgae / Cheng, J., Sun, J., Huang, Y. та ін. *Bioresource technology*. 2013. № 150. С. 67-72.
63. Kappe C. Controlled microwave heating in modern organic synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*. 2004. № 43(46). С. 6250-6284.
64. de la Hoz A., Diaz-Ortiz A., Moreno A. Microwaves in organic synthesis. Thermal and non-thermal microwave effects. *Chemical Society Reviews*. 2005. № 34(2). С. 164-178.
65. Cravotto G. Extraction of flavourings from natural sources. Modifying flavour in food. Elsevier, 2007. С. 41-63.
66. Baig R. N., Varma R. S. Alternative energy input: mechanochemical, microwave and ultrasound-assisted organic synthesis. *Chemical Society Reviews*, 2012. 41(4), 1559-1584.
67. Wray D., Ramaswamy H. S. Development of a microwave–vacuum-based

- dehydration technique for fresh and microwave-osmotic (MWODS) pretreated whole cranberries (*Vaccinium macrocarpon*). *Drying Technology*. 2015. Т. 33. №. 7. С. 796-807.
68. Berger R. G. Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability / R. G. Berger (ed.). Springer Science & Business Media, 2007. 680 p.
69. Cassone A. Acoustically-treated food and method for flavor enhancement: пат. 8197873 США. 2012.
70. Gutierrez-Lopez G. F. Food Science and food biotechnology. CRC press, 2003. 360 p.
71. Гербер К. В., Шляпников В. А., Завалий А. А. Увеличение количества эфирного масла и повышение его качества путем ферментации цветков розы сверхвысокими частотами. Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України Кримський агротехнологічний університет. Технічні науки. 2013. №. 156. С. 103-109.
72. Фролова Н.Е. Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій натуральних концентрованих ароматизаторів із ефіроолійної сировини : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д. техн. наук : 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів / Н.Е. Фролова. Київ, 2017. 49 с.
73. da Silva Fortunato, F., de Almeida Oliveira, M. G., Brumano, M. H. N., Silva, C. H. O., Guedes, R. N. C., Moreira, M. A. Lipoxygenase-induced defense of soybean varieties to the attack of the velvetbean caterpillar (*Anticarsia gemmatalis* Hübner). *Journal of Pest Science*. 2007. 80, P. 241-247.
74. Surburg, H., Panten, J. Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses. John Wiley & Sons. 2016.
75. Faillace E., Brunini-Bronzini de Caraffa V., Mariani M., Berti L., Maury J., Vincenti S. Optimizing the First Step of the Biocatalytic Process for Green Leaf Volatiles Production: Lipase-Catalyzed Hydrolysis of Three Vegetable Oils. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. 24(15), 12274.
76. Ishiguro S. et al. The defective in anther dehiscence1 gene encodes a novel phospholipase A1 catalyzing the initial step of jasmonic acid biosynthesis, which

- synchronizes pollen maturation, anther dehiscence, and flower opening in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*. 2001. T. 13. №. 10. C. 2191-2209.
77. Valko M. et al. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*. 2006. T. 160. №. 1. C. 1-40.
78. Remonato D., Miotti Jr R. H., Monti R., Bassan J. C., de Paula A. V. . Applications of immobilized lipases in enzymatic reactors: A review. *Process Biochemistry*. 2022. 114. C. 1-20.
79. Chen S. P. J., Pan B. S. Food Flavors. In: *Chemical and Functional Properties of Food Components*. 2023. 363-400.
80. Sun Y. E., Wang W. D., Chen H. W., Li C. Autoxidation of unsaturated lipids in food emulsion. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2011. 51(5), 453-466.
81. Steltzer E. T. Evaluation of chemical assays for determining hydroperoxides levels in oxidized lipids : дис. – Rutgers, The State University of New Jersey, 2012.
82. Biermann U., Bornscheuer U. T., Feussner I., Meier M. A., Metzger J. O. Fatty acids and their derivatives as renewable platform molecules for the chemical industry. *Angewandte Chemie International Edition*. 60(37), 20144-20165.
83. Bhattacharya A. Lipid metabolism in plants under low-temperature stress: A review. In: *Physiological processes in plants under low temperature stress*, 2022. P. 409-516.
84. Kitamura Y., Yamano Y. Development of vacuum spray drying system for probiotics powder. In: *New topics in food engineering*, 2011. P. 171-232.
85. Wang C., Chin C. K., Gianfagna T. Relationship between cutin monomers and tomato resistance to powdery mildew infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2000. 57(2), 55-61.
86. Song C., Wang K., Xiao X., Liu Q., Yang M., Li X., Yang Z. Membrane lipid metabolism influences chilling injury during cold storage of peach fruit. *Food Research International*. 2022. 157, 111249.
87. Капрельянц Л. В. Ферменты в пищевых технологиях. Издательство: Одесса: Друк, 2009. 468 с.
88. Porta H., Rocha-Sosa M. Plant lipoxygenases. *Physiological and molecular*

- features //Plant physiology. 2002. T. 130. №. 1. C. 15-21.
89. Antonella L., Bleve-Zacheo T., Gerardi C., Melillo M.T., Leo L., Zacheo G. Lipoxygenase involvement in ripening strawberry. *Journal of Agricultural and Food chemistry*. 2006. vol.54, no.18. P. 6835-6844.
90. Zhang X., Ma M., Ye B., Liu L., Ji S. Calcium ion improves cold resistance of green peppers (*Capsicum annuum* L.) by regulating the activity of protective enzymes and membrane lipid composition. *Scientia Horticulturae*. 2021. 277. P. 109789.
91. Davidovich-Rikanati R., Yaniv Azulay, Yaron Sitrit, Yaakov Tadmor and Efraim Lewinsohn. Tomato aroma: Biochemistry and biotechnology. In Havkin-Frenkel D., Belanger F.C. (Ed.), *Biotechnology in Flavor Production*.: Blackwell Publishing, 2008. P.118-130.
92. Song J. Major enzymes of flavor volatiles production and regulation in fresh fruits and vegetables. In A. Bayindirli (Ed.), *Enzymes in Fruit and Vegetable Processing Chemistry and Engineering Applications*: Taylor & Francis Group, 2010. P. 45-63.
93. Oey I. Effect of novel food processing on fruit and vegetable enzymes. In A. Bayindirli (Ed.), *Enzymes in Fruit and Vegetable Processing Chemistry and Engineering Applications*.: Taylor & Francis Group, 2010. P. 245-312.
94. Canet W., Álvarez M. D. Quality and safety of frozen vegetables. In: D.-W. Sun, Ed., *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, CRC Press, Boca Raton, 2006. 377 p.
95. Aguiló-Aguayo I., Oms-Oliu G., Soliva-Fortuny R., Martín-Belloso O. Flavour retention and related enzyme activities during storage of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat. *Food Chemistry*. 2009. № 116. P. 59–65.
96. Yilmaz, E. Absence of a clear relationship between lipid pathway enzymes and volatile compounds in fresh tomatoes./ E.Yilmaz, K. S.Tandon , J.W. Scott, E. A. Baldwin, R. L.Shewfelt. *Journal of plant physiology*. 2011. № 58(9). P. 1111-1116.
97. Viljanen K. et al. Effect of high-pressure processing on volatile composition and odour of cherry tomato purée. *Food chemistry*. 2011. T. 129. №. 4. C. 1759-1765.

98. Rodrigo D. et al. Thermal and high pressure stability of tomato lipoxygenase and hydroperoxide lyase. *Journal of food engineering*. 2007. T. 79. №. 2. C. 423-429.
99. Van Buggenhout S.; Messagie I.; Van der Plancken I.; Hendrickx M. Influence of high-pressure–low-temperature treatments on fruit and vegetable quality related enzymes. *European Food Research and Technology*. 2006. 223. 475–485.
100. Pojjanapimol S., Chaiseri S., Cadwallader K. R. Heat-induced changes in aroma components of holy basil (*Ocimum sanctum* L.). Marcel Dekker: New York, 2004. C. 217-230.
101. Liu R., Xu Y., Zhang T., Gong M., Liu R., Chang M., Wang, X. Interactions between liposoluble antioxidants: A critical review. *Food Research International*. 2022. 155, 111104.
102. Min S., Min S. K., Zhang Q. H. Inactivation kinetics of tomato juice lipoxygenase by pulsed electric fields. *Journal of Food Science*. 2003. T. 68. №. 6. C. 1995-2001.
103. Chow Y. et al. Mung bean lipoxygenase in the production of a C6-aldehyde. Natural green-note flavor generation via biotransformation. *Biotechnology journal*. 2007. T. 2. №. 11. C. 1375-1380.
104. Mishra T., Raigond P., Thakur N., Dutt S., Singh B. Recent updates on healthy phytoconstituents in potato: a nutritional depository. *Potato Research*, 2020. 63. P. 323-343.
105. Babenko L.M., Voytenko L.V., Skaterna T.D., Musatenko L.I. Lipoxygenase activity in *Equisetum arvense* L. ontogenesis. *Plant Physiol Genet*. 2014. 46(1). P. 37-44.
106. Vick, B. A. Oxygenated fatty acids of the lipoxygenase pathway. In: *Lipid metabolism in plants*. CRC Press, 2018. p. 167-192.
107. Gargouri M. et al. Voie de la lipoxygénase: valorisation d'huiles végétales et biosynthèse de saveurs. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2008. T. 12. №. 2. C. 185-202.
108. Feussner I., Wasternack C. The lipoxygenase pathway. *Annual review of plant biology*. 2002. 53(1). 275-297.

109. Noordermeer M. A., Veldink G. A., Vliegthart J. F. Spectroscopic studies on the active site of hydroperoxide lyase; the influence of detergents on its conformation. *FEBS letters*. 2001. 489(2). 229-232.
110. Klee H. J. Improving the flavor of fresh fruits: genomics, biochemistry, and biotechnology. *New Phytologist*. 2010. 187(1). 44-56.
111. Lanciotti R., Gianotti A., Patrignani F., Belletti N., Guerzoni M. E., Gardini F. Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits. *Trends in food science & technology*. 2004. 15(3). 201-208.
112. Matsui K., Fukutomi S., Wilkinson J., Hiatt B., Knauf V., Kajwara T. Effect of overexpression of fatty acid 9-hydroperoxide lyase in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of agricultural and food chemistry*. 2001. 49(11). P. 5418-5424.
113. Mita G., Quarta A., Fasano P., De Paolis A. Di Sansebastiano, G. P.; Perrotta, C.; Casey, R. Molecular cloning and characterization of an almond 9-hydroperoxide lyase, a new CYP74 targeted to lipid bodies. *Journal of experimental botany*. 2005. (419). P. 2321-2333.
114. Gogavekar S. S., Rokade S. A., Ranveer R. C., Ghosh J. S., Kalyani D. C., Sahoo A. K. Important nutritional constituents, flavour components, antioxidant and antibacterial properties of *Pleurotus sajor-caju*. *Journal of food science and technology*. 2014. 51. P. 1483-1491.
115. Власенко К.М. Біотехнологічні засади підвищення інтенсивності аромату грибів роду *Pleurotus* у процесі їх твердофазного культивування. Диссерт. Київ: КПІ, 2020. 296с.
116. Nyegue M et al. Volatile components of fresh *Pleurotus ostreatus* and *Termitomyces shimperi* from Cameroon. *Journal of essential oil bearing plants*. 2003. 6(3). P.153–160.
117. Shimin et al. Characteristic volatiles from young and aged fruiting bodies of wild *Polyporus sulfureus* (Bull.: Fr.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005.53(11). P. 4524–4528.
118. Zawirska-Wojtasiak R et al. Studies on the aroma of different species and

- strains of *Pleurotus* measured by GC/MS, sensory analysis and electronic nose. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2009.8(1). P.47–61
119. Splivallo R, Bossi S, Maffei M, Bonfante P. Discrimination of truffle fruiting body versus mycelia aromas by stir bar sorptive extraction. *Phytochemistry*. 2007. 68(20). P.2584–2598.
120. Combet E., Eastwood D. C., Burton K. S., Henderson J. Eight-carbon volatiles in mushrooms and fungi: properties, analysis, and biosynthesis. *Mycoscience*. 2006. 47(6). P. 317-326.
121. Промышленное культивирование съедобных грибов / Под общ. ред. И.А.Дудки. Киев: Наук, думка, 1978. 264 с.
122. Wang S. L., Lin S. Y., Du H. T., Qin L., Lei L. M., Chen D. An insight by molecular sensory science approaches to contributions and variations of the key odorants in shiitake mushrooms. *Foods*. 2021.10(3). P. 622.
123. Hiraide M., Miyazaki Y., Shibata Y. The smell and odorous components of dried shiitake mushroom, *Lentinula edodes* I: relationship between sensory evaluations and amounts of odorous components. *J Wood Sci*. 2004.no 50. P. 358–364.
124. Liu J., Li H., Zheng C., Lu S., Guo X., Yin X., Wang, M. A General Asymmetric Synthesis of (R)-Matsutakeol and Flavored Analogs. *Molecules*, 2017. 22(3). P. 364.
125. Gandi S.G., Mahajan V., Bedi Y.S. Changing trends in biotechnology of secondary metabolizm in medicinal and aromatic plants. *Planta*. 2015. 241(2). P. 303–317.
126. Bains A., Chawla P., Kaur S., Najda A., Fogarasi, M., Fogarasi S. Bioactives from mushroom: health attributes and food industry applications. *Materials*. 2021. 14(24). P. 7640.
127. Berger R. G., Ersoy F. Improved foods using enzymes from basidiomycetes. *Processes*. 2022. 10(4). P. 726.
128. Lu H., Lou H., Hu J., Liu Z., Chen Q. Macrofungi: A review of cultivation strategies, bioactivity, and application of mushrooms. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2020. 19(5). P. 2333-2356.

129. Du X., Sissons J., Shanks M., Plotto A. Aroma and flavor profile of raw and roasted *Agaricus bisporus* mushrooms using a panel trained with aroma chemicals. *LWT*. 2021. 138. P. 110596.
130. Zhang L., Zhang M., Mujumdar A. S. Development of flavor during drying and applications of edible mushrooms: A review. *Drying Technology*. 2021. 39(11). P. 1685-1703.
131. Xu L., Zang E., Sun S., Li M. Main flavor compounds and molecular regulation mechanisms in fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. 63(33). P. 11859-11879.
132. Valpuesta V. Fruit and vegetable biotechnology. English: Woodhead Publishing, 2002. 352 c.
133. Siegmund B. Biogenesis of aroma compounds: Flavour formation in fruits and vegetables. In: Flavour development, analysis and perception in food and beverages. Woodhead Publishing, 2015. P. 127-149.
134. Bayindirli A. Enzymes in fruit and vegetable processing: chemistry and engineering applications. CRC Press, 2010. 373 p.
135. Kanter, J-Ph., et al. An enzymatic tandem reaction to produce odor-active fatty aldehydes. *Applied microbiology and biotechnology*. 2022. 106.18. P. 6095-6107.
136. Bangerth F., Song J., Streif J. Physiological impacts of fruit ripening and storage conditions on aroma volatile formation in apple and strawberry fruit: A review. *Hort Science*. 2012. T. 47. №. 1. P. 4-10.
137. Shahidi F., Oh W. Y. Lipid-derived flavor and off-flavor of traditional and functional foods: An overview. *Journal of Food Bioactives*. 2020. 10. P.20-31.
138. Bangerth F. K., Song J., Streif J. Physiological impacts of fruit ripening and storage conditions on aroma volatile formation in apple and strawberry fruit: A review. *HortScience*. 2012. T. 47. №. 1. C. 4-10.
139. Damodaran S., Parkin K. L. (Eds.). Fennema's food chemistry (4th Edition). Boca Raton, FL: CRC press, 2007. 1160 p.
140. Jiang H., Wang X. Biosynthesis of monoterpenoid and sesquiterpenoid as natural flavors and fragrances. *Biotechnology Advances*. 2023. 65 (3). 108151.

141. Pott D. M., Osorio S., Vallarino J. G. From central to specialized metabolism: An overview of some secondary compounds derived from the primary metabolism for their role in conferring nutritional and organoleptic characteristics to fruit. *Frontiers in plant science*. 2019. 10. P. 835.
142. Zhang D., Ma X., Xie Q., Yu, F. Understanding and engineering of aroma compounds in crops. *Seed Biology*, 2024. 3. e001
143. Chow Y. et al. Mung bean lipoxygenase in the production of a C6-aldehyde. Natural green-note flavor generation via biotransformation. *Biotechnology journal*. 2007. T. 2. №. 11. C. 1375-1380.
144. Baysal T., Demirdöven A. Lipoxygenase in fruits and vegetables: A review. *Enzyme and Microbial Technology*. 2007. T. 40. №. 4. C. 491-496.
145. Savchenko T., Degtyaryov E., Radzyukevich Y., Buryak V. Therapeutic potential of plant oxylipins. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022. 23(23). P. 14627.
146. Toporkova Y. Y., Smirnova E. O., Gorina S. S. Epoxyalcohol Synthase Branch of Lipoxygenase Cascade. *Current Issues in Molecular Biology*. 2024. 46(1). P. 821-841.
147. Mortzfeld F. B., Hashem C., Vranková K., Winkler M., Rudroff F. Pyrazines: Synthesis and industrial application of these valuable flavor and fragrance compounds. *Biotechnology Journal*. 2020. 15(11). P. 2000064.
148. Gigot Cédric, et al. The lipoxygenase metabolic pathway in plants: potential for industrial production of natural green leaf volatiles. *Biotechnol Agron Soc Environ*. 2010. 14.3. P. 451-460.
149. Potter N.N., Hotchkiss J.H. Food science. Springer Science & Business Media, 2012. 619 p.
150. Ferreira V., Lopez R. The actual and potential aroma of winemaking grapes. *Biomolecules*. 2019. 9(12). P. 818.
151. Ribeaucourt D., Bissaro B., Lambert F., Lafond M., Berrin J.G. Biocatalytic oxidation of fatty alcohols into aldehydes for the flavors and fragrances industry. *Biotechnology Advances*, 2022. 56. P. 107787.

152. Dubova H., Levchuk I., Holubets O., Miroshnikov V. Fermentation technology of leaves for flavored drinks. *Proceedings Of University Of Ruse. Razgrad*. 2022. vol. 61. book 10.2. P. 16-21.
153. Hrynenko I., Hrushetskyi R., Khomichak L. Fermented leaves of fruit and berry crops as a raw material for drinks. *Food Resources*. 2019. 7 (13). P. 59-68.
154. Wieczorek M.N., Drabińska N. Flavour Generation during Lactic Acid Fermentation of Brassica Vegetables – Literature Review. *Applied Sciences*. 2022. 12(11). P. 5598.
155. Naoko Yoshimoto, Kazuki Saito, S-Alk(en)ylcysteine sulfoxides in the genus *Allium*: proposed biosynthesis, chemical conversion, and bioactivities, *Journal of Experimental Botany*. Aug 2019. 70 (16). P. 4123–4137.
156. Flavour precursors and Shrödinger’s cat. *Flavour Horizons: bulletin*. Issue 1 Spring. 2012. P.1-5.
157. Вербицький С.Б., Шейко Т.В. Використання харчових ароматизаторів згідно з нормативними документами ЄС. *Мясной Бизнес*. 2015. №2. С.22-25.
158. Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Regulation (EC) No 1601/91 of the Council, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC.
159. DeMan J. Principles of food chemistry . Springer, 1999. 460 p.
160. Liang Z., Fang Z., Pai A., Luo J., Gan R., Gao Y., Zhang P. Glycosidically bound aroma precursors in fruits: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. 62(1). P. 215-243.
161. Advanced glycation end products, physico-chemical and sensory characteristics of cooked lamb loins affected by cooking method and addition of flavour precursors / M. Roldan, J.Loebner, J.Degen та ін. *Food chemistry*. 2015. № 168. С. 487-495
162. Dateo G. P. Identification of the volatile sulfur components of cooked cabbage and the nature of the precursors in the fresh vegetable / G. P. Dateo, R. C. Clapp,

- D. A. M. Mackay, E. J. Hewitt, T. Hasselstrom. *Journal of Food Science*. 1957. № 22 (5). P. 440–447.
163. Hasselstrom T. Regeneration of Food Flavors through Enzymatic Action / T. Hasselstrom, S. Bailey, E. T. Reese. Army Research Office Washington DC. 1962. P. 285–294.
164. Schwimmer S. Alteration of the flavor of processed vegetables by enzyme preparations. *Journal of Food Science*. 1963. № 28(4). P. 460–466.
165. Reed G. *Enzymes in Food Processing*. Access Online via Elsevier. 2012. 485 p.
166. Gaonkar A. G., Bagwe R. P. Microemulsions in foods: Challenges and applications. *Surfactant science series*. 2003. P. 407–430.
167. Patent 5045337 Food microemulsion / M. El-Nokaly, G. D. Hiler, J. McGrady. USA, 1991.
168. Sun J., Sun B., Ren F., Chen H., Zhang N., Zhang Y. Influence of different frying processes on the flavor characteristics and sensory profile of garlic oil. *Molecules*. 2019. 24(24). P. 4456.
169. Gonda I., Burger Y., Schaffer A. A., Ibdah M., Tadmor Y. A., Katzir N., Lewinsohn E. Biosynthesis and perception of melon aroma. In: *Biotechnology in flavor production*, 2016. P. 281-305.
170. Lamikanra O., Chen J. C., Banks D., Hunter P. A. Biochemical and Microbial Changes during the Storage of Minimally Processed Cantaloupe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000. Vol. 48. P. 5955–5961.
171. Zhang D., Ma X., Xie Q., Yu, F. Understanding and engineering of aroma compounds in crops. *Seed Biology*, 2024. e001.
172. Mung bean lipoxygenase in the production of a C6-aldehyde. Natural green-note flavor generation via biotransformation / Y. Chow, T. H. Liew, H. H. Keh та ін. *Biotechnology journal*. 2007. T. 2. №. 11. C. 1375–1380.
173. Baysal T., Demirdöven A. Lipoxygenase in fruits and vegetables: A review. *Enzyme and Microbial Technology*. 2007. T. 40. №.4. C. 491–496.
174. Wang X., McClements D. J., Xu Z., Meng M., Qiu C., Long J., Chen L. Recent advances in the optimization of the sensory attributes of fried foods: Appearance,

- flavor, and texture. *Trends in food science & technology*. 2023. 138. P. 297-309.
175. McClements D., Decker E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *Journal of Food Science*. 2000. T. 65. №. 8. C. 1270-1282.
176. Reineccius G. Flavor chemistry and technology. CRC press, 2005. 485 p.
177. Kalbrener J. E., Warner K., Eldridge A. C. Flavors derived from linoleic and linolenic acid hydroperoxides. *Cereal Chem*. 1974. Vol. 51. P. 406–416.
178. Shahidi F., Hossain A. Role of lipids in food flavor generation. *Molecules*. 2022. 27(15). P. 5014.
179. Teixeira V., Feio M. J., Bastos M. Role of lipids in the interaction of antimicrobial peptides with membranes. *Progress in lipid research*. 2012. 51(2). P. 149-177.
180. Sperling P., Ternes P., Zank T., Heinz E. The evolution of desaturases. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty acids*. 2003. 68. P. 73-95.
181. Frankel E. Volatile lipid oxidation products. *Progress in lipid research*. 1983. T. 22. №. 1. C. 1-33.
182. Frankel E. Lipid oxidation. *Progress in lipid research*. 1980. T.19. №. 1. C. 1-22.
183. Frankel E.N., Dufek E. J., Neff W. E. Analysis of autoxidized fats by gas chromatography-mass spectrometry: VI. Methyl 9, 15-and 12, 15-octadecadienoate. *Lipids*. 1980. T. 15. №. 9. C. 661-667.
184. Frankel E. Lipid oxidation: mechanisms, products and biological significance. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1984. T. 61. №. 12. C. 1908-1917.
185. Valpuesta V. Fruit and vegetable biotechnology. English: Woodhead Publishing, 2002. 352 c.
186. Guichard E., Salles C., Morzel M., Le Bon A. M. (Eds.). *Flavour: from food to perception*. John Wiley & Sons, 2016. 432 p.
187. Kontogianni V. G., Gerothanassis I. P. Analytical and structural tools of lipid hydroperoxides: Present state and future perspectives. *Molecules*. 2022. 27(7). P. 2139.

188. Hennebelle M., Villeneuve P., Durand E., Lecomte J., Van Duynhoven J., Meynier A., Berton-Carabin C. Lipid oxidation in emulsions: New insights from the past two decades. *Progress in Lipid Research*. 2024. 94. 101275.
189. Effect of overexpression of fatty acid 9-hydroperoxide lyase in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) / K. Matsui, S. Fukutomi, J. Wilkinson, та ін. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2001. Т. 49. №. 11. С. 5418-5424.
190. Kazaz S., Miray R., Lepiniec L., Baud S. Plant monounsaturated fatty acids: Diversity, biosynthesis, functions and uses. *Progress in lipid research*. 2022. 85. 101138.
191. Губський Ю. Біологічна хімія. Підручник. Київ-Вінниця: Нова Книга, 2007. 656 с.
192. Ravotti R., Worlitschek J., Pulham C. R., Stamatiou A. Triglycerides as novel phase-change materials: A review and assessment of their thermal properties. *Molecules*. 2020. 25(23). P. 5572.
193. Anglada J. M., Martins-Costa M. T., Francisco J. S., Ruiz-López M. F. Photoinduced oxidation reactions at the air–water interface. *Journal of the American Chemical Society*. 2020. 142(38). P. 16140-16155.
194. Покотило І. Липоксигеназы и регуляция метаболизма клеток растений / І. В. Покотило, Я. С. Колесников, М. В. Деревянчук та ін. *The Ukrainian Biochemical Journal*. 2015. № 87(2). С. 41–55.
195. Murphy D. J. (Ed.). Plant lipids: biology, utilisation and manipulation. CRC Press, 2020. 424 p.
196. Zhou J., Lee Y. Y., Mao Y., Wang Y., Zhang Z. Future of structured lipids: Enzymatic synthesis and their new applications in food systems. *Foods*. 2022. 11(16). P. 2400.
197. Hui Y. Handbook of fruit and vegetable flavors / Y. H. Hui (ed.). New York, NY, USA : Wiley, 2010. 1095 с.
198. Akoh C., Min.Food D. B. lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology. CRC press, 2008. 1014 с.
199. Sales A., Paulino B. N., Pastore G. M., Bicas J. L. Biogeneration of aroma

- compounds. *Current Opinion in Food Science*. 2018. 19. P. 77-84.
200. Viswanath K. K., et al. Plant lipoxygenases and their role in plant physiology. *Journal of Plant Biology*. 2020. 63. P. 83-95.
201. Guijas C., Bermúdez M. A., Meana C., Astudillo A. M., Pereira L., Fernández-Caballero L., Balsinde J. Neutral lipids are not a source of arachidonic acid for lipid mediator signaling in human foamy monocytes. *Cells*. 2019. 8(8). P. 941.
202. Rodriguez-Amaya D. B., Shahidi F. Oxidation of lipids. In *chemical changes during processing and storage of foods*. Academic Press, 2021. pp. 125-170
203. Temiz A., Ayhan D. K. Enzymes in minimally processed fruits and vegetables. *Food Engineering. Series. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*, 2017. 93-151.
204. Levental I., Lyman E. Regulation of membrane protein structure and function by their lipid nano-environment. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2023. 24(2). P. 107-122.
205. Gonzalez M. E., Anthon G. E. , Barrett D. M. Onion cells after high pressure and thermal processing: comparison of membrane integrity changes using different analytical methods and impact on tissue texture. *Journal of food science*. 2010. № 75(7). P. 426–432.
206. Andreou A., Feussner I. Lipoxygenases—structure and reaction mechanism. *Phytochemistry*. 2009. T. 70. №. 13. C. 1504-1510.
207. Rawal R., Kumar V., Rani A., Gokhale S. M. Genetic elimination of off-flavour generating lipoxygenase-2 gene of soybean through marker assisted backcrossing and its effect on seed longevity. *Plant breeding and biotechnology*. 2020. 8(2). P. 163-173.
208. Kaur Y., Das N. Molecular, in silico and expression studies on lipoxygenases (LOXs) in potato (*Solanum tuberosum* L.). *3 Biotech*. 2023.13(12). P. 419.
209. Tietel Z., Hammann S., Meckelmann S. W., Ziv C., Pauling J. K., Wölk M., Domingues M. R. An overview of food lipids toward food lipidomics. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2023. 22(6). P. 4302-4354.

210. Liavonchanka A., Feussner I. Lipoxygenases: occurrence, functions and catalysis. *Journal of plant physiology*. 2006. T. 163. №. 3. С. 348-357.
211. The FEMA GRAS assessment of α , β -unsaturated aldehydes and related substances used as flavor ingredients / T. B. Adams, C. L. Gavin, S. V. Taylor та ін. *Food and chemical toxicology*. 2008. T. 46. №. 9. С. 2935-2967.
212. Feussner I., Kühn H., Wasternack C. Lipoxygenase-dependent degradation of storage lipids. *Trends in plant science*. 2001. Vol. 6. № 6. P. 268–273.
213. Lipoxygenase involvement in ripening strawberry / A. Leone, T. Bleve-Zacheo, C. Gerardi та ін. *Journal of Agricultural and Food chemistry*. 2006. T. 54. №. 18. С. 6835-6844.
214. Добробабина Л. Безусов А. Т. Современные технологии пищевых продуктов из гидробионтов. Одеса: Optimum, 2008. 315 с.
215. Seuvre A., Philippe E., Rochard S., Voilley A. Retention of aroma compounds in food matrices of similar rheological behaviour and different compositions. *Food Chemistry*. 2006. № 96 (1). P. 104–114.
216. Alcalde M., Ferrer M., Plou F. J., Ballesteros A. Environmental biocatalysis: from remediation with enzymes to novel green processes. *Trends in biotechnology*. 2006. T. 24. №. 6. С. 281-287.
217. Whitehurst R. Enzymes in food technology. Whitehurst R. J., Van Oort M. (ed.). Chichester : Wiley-Blackwell, 2010. 388 с.
218. Aldehyde volatiles emitted in succession from mechanically damaged leaves of poplar cuttings / Z. Hu, Y. B. Shen, Y. Q. Luo та ін. *Journal of Plant Biology*. 2008. T. 51. №. 4. С. 269-275.
219. Matsui K. Green leaf volatiles: hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism. *Current opinion in plant biology*. 2006. № 9 (3). С. 274-280.
220. Kozák Á., Békássy-Molnár E., Vatai G. Production of black-currant juice concentrate by using membrane distillation. *Desalination*. 2009. № 241(1). С. 309-314.
221. Onsekizoglu P., Bahceci K.S., Acar M.J. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment. *Journal*

- of Membrane Science*. 2010. № 352. С. 160–165.
222. Recovery of volatile fruit juice aroma compounds by membrane technology: Sweeping gas versus vacuum membrane distillation / R. Bagger-Jørgensen, A. S. Meyer, M. Pinelo та ін. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2011. № 12(3). С. 388-397.
223. Gunko S., Verbych S., Bryk M., Hilal N. Concentration of apple juice using direct contact membrane distillation. *Desalination*. 2006. № 190(1). P. 117–124.
224. Soave G., Feliu J. A. Saving energy in distillation towers by feed splitting. *Applied Thermal Engineering*. 2002. № 22(8). P. 889–896.
225. López-Martínez L. X., Quintana-Obregón E. A., González-Córdova A. F., Hernández-Mendoza A., Vallejo-Cordoba B., Vargas-Ortiz M. A. Use of Peel and Seed of Tropical Fruits Processed Through Flash Vacuum Expansion. In *Food Byproducts Management and Their Utilization*. Apple Academic Press, 2024. P. 225-251.
226. Lagana F., Barbieri G., Drioli E. Direct contact membrane distillation: modelling and concentration experiments. *J. Membr. Sci.* 2000. № 166(1). P. 1–11.
227. Bélafi-Bakó K., Koroknai B. Enhanced water flux in fruit juice concentration: Coupled operation of osmotic evaporation and membrane distillation. *Journal of membrane science*. 2006. № 269(1). P. 187–193.
228. She M., Hwang S. T. Recovery of key components from real flavor concentrates by pervaporation. *Journal of membrane science*. 2006. № 279(1). P. 86–93.
229. Yuan, Y. H., Mu, D. D., Guo, L., Wu, X. F., Chen, X. S., Li, X. J. From flavor to function: A review of fermented fruit drinks, their microbial profiles and health benefits. *Food Research International*, 2024. 115095.
230. Максименко С. Д. Теорія вищої нервової діяльності І. П. Павлова. Проблеми сучасної психології. 2017. Випуск 38. С.7-17.
231. Карпенко П.О. Пересічна С.М., Грищенко І.М., Мельничук Н.О. Основи раціонального і лікувального харчування: навч. посіб.; за заг. ред. П.О.Карпенка. Київ.: Київ. Нац. торг.-екон. ун-т, 2011. 504 с.

232. Mudambi S. R. Fundamentals of foods, nutrition and diet therapy. New Age International, 2007. 424 p.
233. McGorin, R. J. The significance of volatile sulfur compounds in food flavors: An overview. In: Volatile sulfur compounds in food, 2011. P. 3-31.
234. Hu Y., Zhang L., Badar I. H., Liu Q., Liu H., Chen Q., Kong B. Insights into the flavor perception and enhancement of sodium-reduced fermented foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. 64(8). P.2248-2262.
235. Mitchell M., Brunton N. P., Wilkinson M. G. Impact of salt reduction on the instrumental and sensory flavor profile of vegetable soup. *Food research international*. 2011. 44(4). P.1036-1043.
236. Patent PCT/US2001/049358. Preparation aroma system for dehydrated food product compositions / Bary L. Zeller, Anilkumar G. Gaonkar, Anthony Wragg, Stefano Ceriali U.S. Patent WO2002049450A3. 2000.12.21.
237. Kamble V. S., Jadhav V. D. Traditional leafy vegetables: a future herbal medicine. *International Journal of Agricultural and Food Science*. 2013. 3(2). P. 56-58.
238. Hardesty S. The growing role of local food markets. *American Journal of Agricultural Economics*. 2008. T. 90. № 5. P. 1289-1295.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ, ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основними напрямками науково-дослідної діяльності у рамках дисертаційної роботи стали:

- вивчення і узагальнення інноваційних дослідницьких робіт у сфері аромата нанотехнологій, інформаційний пошук шляхів розроблення нового напрямку відновлення аромату кулінарної продукції з рослинної сировини;

- проведення аналітичних досліджень сучасних способів отримання ароматизаторів за участю попередників ліпідної природи у процесах відновлення або утворення свіжого аромату, отримання ароматизаторів;

- встановлення доступності попередників для утворення аромату або відновлення втраченого залежно від структурно-механічних і біохімічних параметрів гідратних оболонок рослинних клітин, впливу оточуючого середовища, а саме пігментного складу;

- дослідження умов активації ферментативної системи рослинної сировини шляхом її попереднього охолодження, вакуумування, мікрохвильової дії та відповідних реакцій зміни аромату;

- визначення умов утворення аромату залежно від властивостей, якісного складу та походження ліпідних попередників;

- дослідження впливу антиоксидантів на перебіг вільно-радикальних процесів окиснення ПНЖК у готових кулінарних продуктах із рослинної сировини, умови біосинтезу ароматичних компонентів *in situ*;

- коригування технологічних операцій з метою відновлення втраченого аромату у продуктах із плодової сировини після термічної обробки за рахунок реакцій попередників;

- розроблення раціональних параметрів реакцій утворення аромату й активації ароматоутворюючих ферментних систем сировини для формування ароматичного профілю харчових продуктів;

- проведення сенсорного і хімічного аналізу летких з'єднань, утворених шляхом перетворень попередників, установлення взаємозв'язку між змінами сенсорних характеристик летких сполук плодів і умовами впливу на попередники;

- вивчення властивостей ароматичних дистилятів, їх вплив на сенсорні характеристики, цільове відновлення ключових компонентів аромату в середовищах із різним рН, оцінка впливу ізомеризації компонентів на відновлення аромату плодів;

- виконання комплексу заходів з розробки рецептур і практичних рекомендацій щодо використання реакцій з попередниками аромату для утворення або відновлення ароматичних компонентів у продуктах;

- розроблення нормативної документації на ароматизовані продукти, запровадження результатів дослідження у виробництво й навчальний процес, оцінка економічної та соціальної ефективності запропонованих технологічних рішень.

2.1 Об'єкт та предмети експериментальних досліджень

Формування аромату харчового продукту є багаторівневим, складним процесом, близьким до стохастичного. Тому під час проведення досліджень необхідно було звернутися до таких загальнонаукових термінів: система, структура, середовище, стан, інформація, управління. Нами прийнято поняття, що ароматутворююча система – це сукупність елементів (попередників, ферментів, оточуючих часток, водних систем) і взаємозв'язків між ними. Для розуміння такої системи з метою подальшого управління і створення ароматизованих продуктів перевага була надана використанню метасистеми (за Д. Кліром), а не класичної структурованої системи. У цьому випадку система формується на підставі правила заміни, коли з деякого набору систем у кожен момент вибирається одна або деяка група функціонуючих систем [239]. Це набагато ефективніше, ніж розбиття системи на підсистеми, які, у свою чергу, дробляться на підсистеми другого, третього рівня і так далі. Метасистема

виникає коли система функціонує неефективно в деяких частинах загального діапазону. Тому і виникає завдання виявлення меж, що розділяють піддіапазони ефективного функціонування систем.

Особливість утворення ароматів полягає в тому, що за умови відключення якої-небудь взаємодії компонентів, аромат у будь-якому випадку буде присутнім або синтезуватиметься за рахунок реакцій між іншими компонентами. Діапазон вирішуваної задачі настільки великий, що він не перекривається використанням однієї системи, тому необхідно було вирішити такі типові завдання, характерні для метасистемного підходу:

1. Виявлення діапазонів ефективного функціонування систем – виділення групи плодів для здійснення процесу відновлення аромату.

2. Оцінка та підвищення необхідного рівня готовності систем до використання – визначення чинників, що впливають на утворення аромату в зазначеній групі плодів, оцінка їх впливу на інтенсивність аромату.

3. Виявлення і забезпечення сполучуваності, погодженої взаємодії систем – оцінка існуючих в системі ароматів, відновлених ароматів, їх взаємодія і вплив на органолептичний профіль модельної системи або харчової продукції.

4. Розробка стратегії перемикання окремих або груп одночасно функціонуючих систем – визначення умов керованого впливу на попередники аромату.

5. Оптимальний перерозподіл обмежених загальносистемних ресурсів – розробка коригувальних параметрів біотехнологічних процесів існуючих технологій харчової продукції.

6. Оптимальний синтез метасистеми – утворення/модифікація аромату *in vitro* або його відновлення в термообробленій рослинній сировині.

Метасистемний підхід дозволив розробити якісно нові технології ароматизації харчової продукції або отримання ароматизаторів за рахунок включення до складу метасистеми різнорідних регуляторів. При цьому, залежно від природи явища, може кожного разу вибиратися або одна технологія, або деяка паралельно функціонуюча група технологічних операцій [240]. Схема

залежності модифікації або відновлення (Y) аромату (вихідного параметра) від параметрів, що впливають на хід процесу (вхідні, порушуючі, управляючі) показано на рис. 2.1. До *вхідних* параметрів віднесемо наявність ароматутворюючих ферментів (X_1), попередників (X_2), до *порушуючих* – стан антиоксидантної системи плодів/опромінення макроміцетів (H_1), доступність попередників для керованих реакцій (H_2), проміжні продукти реакції попередників (H_3), до *управляючих* – збільшення площі поверхні контакту попередників з компонентами реакції (K_1), наявність прооксидантів (K_2), температура (K_3). Визначення залежності $y = f(X, K)$ є завданням оптимізації технологічних процесів ароматизації харчової продукції.

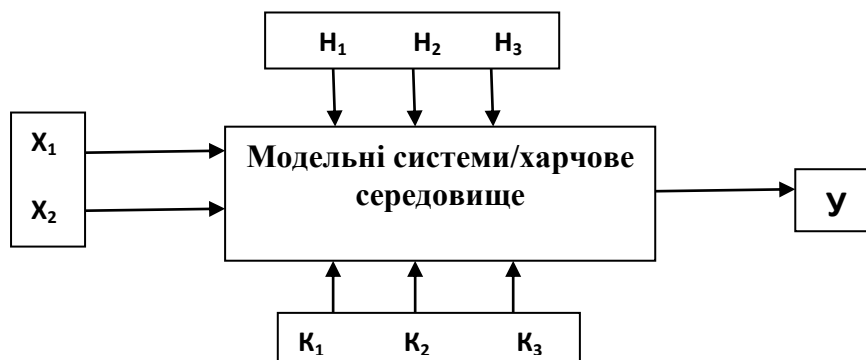


Рисунок 2.1 – Схема технологічного процесу та чинників, що впливають на хід ароматизації

Відповідно до мети та завдань досліджень складений план теоретичних і експериментальних робіт (рис. 2.2). Об'єктом дослідження є біотехнологічний процес ароматизації харчової сировини, модифікація та отримання ароматичних речовин шляхом здійснення реакцій між рослинними ферментами та попередниками аромату. Предмет дослідження – попередники аромату ліпідної природи, плодови гомогенати, ферменти, екстраговані з рослинної сировини, умови впливу на попередники аромату (фізичні параметри, способи попередньої обробки плодів, трав, листя), умови реакцій модифікації аромату.

Основні дослідження були проведені в Одеському селекційно-генетичному інституті, ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Національному університеті харчових технологій (НУХТ), Харківському медичному університеті, Полтавському державному аграрному університеті, Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», інших науково-дослідних організаціях,

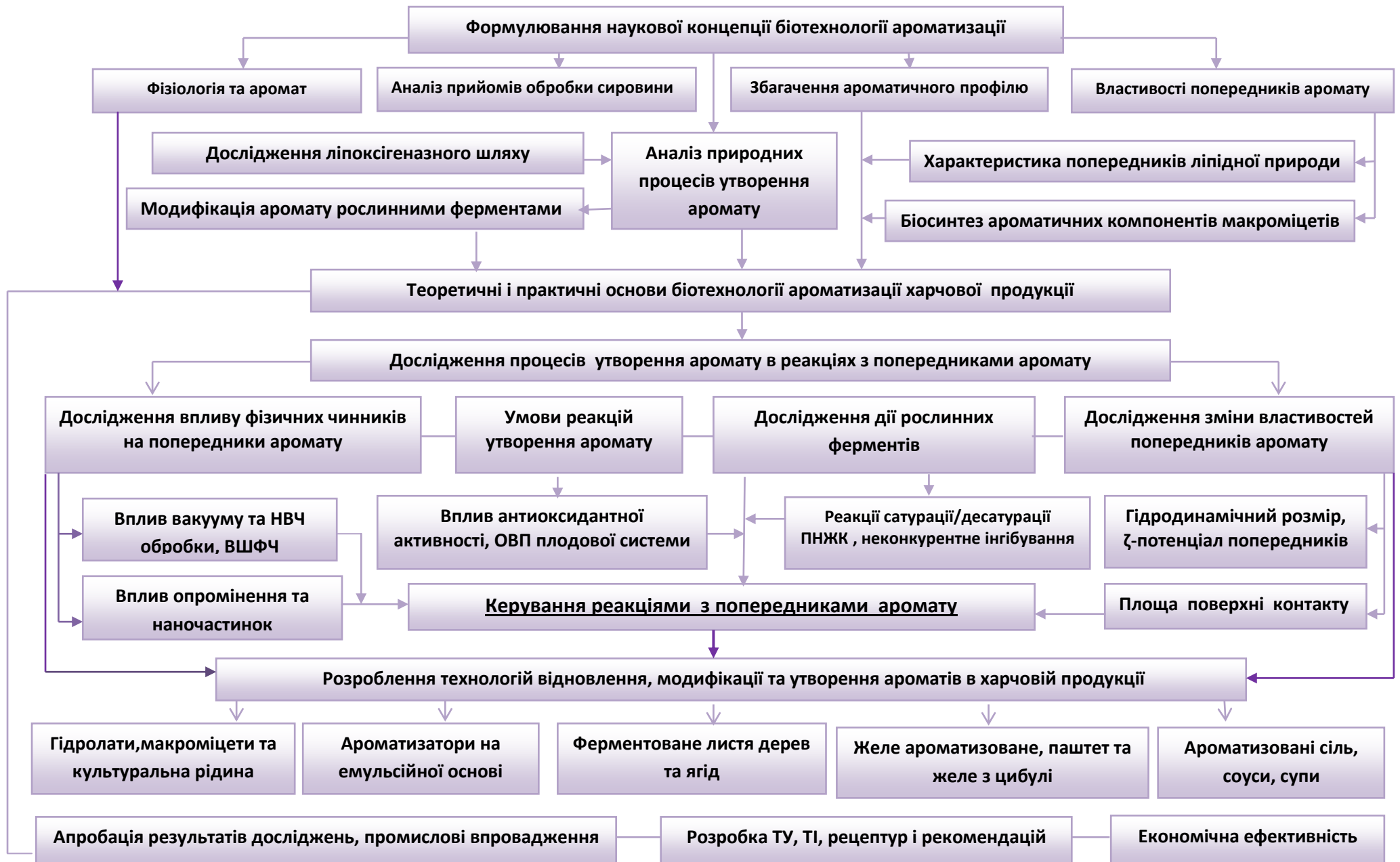


Рисунок 2.2 – Загальна блок-схема досліджень

зкладах харчування, ДП «Укрметртестстандарт». Дослідження поперелників аромату проводили з використанням плодів огірка, дині, кавуна, кабачків, гарбуза, солодкого перцю, полуниці, картоплі, яблук, закуплених у фермерів Полтавської області в період масового збору урожаю. Інші ягоди, фрукти, бобові закуповували у гіпермаркетах м.Полтава. Свіжа ріпчаста цибуля (*Allium cepa L.*), чорний та зелений чай (*Camellia sinensis L.*), порошок насіння гірчиці (*Sinapis alba L.*), свіже коріння хрону (*Armoracia rusticana Gaertn., Mey et Scherb.*), імбир (*Zingiber officinale Roscoe*) були придбані в продуктових магазинах як харчові продукти. Кору дуба (*Quercus robur L.*) придбано в аптеках у вигляді лікарського засобу по 100 г в упаковці (виробництво ПрАТ «Ліктрави», м. Житомир). Листя вишні (*Prunus cerasus L.*) та липи серцелистної (*Tilia cordata Mill.*) для ферментації зібрані в парках міста Полтава. Збір листя проводили тільки зранку (о 10 годині, оскільки активність ферментів рослин із збільшенням температури в денні часи може змінюватись за рахунок теплового впливу оточуючого середовища), в два періоди – за 10-12 діб до плодоносіння і через 10-12 діб після плодоносіння вишні; за 14-17 діб до цвітіння липи і через 14-17 діб після цвітіння липи. Листя збирали з 2021 по 2023 роки, в 2022-2023 році листя вишні збирали також за 3-5 діб до цвітіння та 3-5 діб після. Пшеничні висівки отримували від ТОВ ВТФ «Фармаком» м.Харків, Україна.

В дослідженнях використовували:

- чисті культури базидієвих макроміцетів *Hericium erinaceus IBK-977*, *Lentinula edodes IBK-2541*, *Ganoderma lucidum IBK-1621*, *Inonotus obliquus IBK-1877*, які зберігаються у Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (акронім *IBK*),

- чисту культуру їстівного гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., штам К 17.

Культивування проводили в стаціонарних умовах на рідкому глюкозо-пептон-дрожжевому поживному середовищі ГПД, г/л: глюкоза (25,0), пептон (3,0), дріжджовий екстракт (3,0), KH_2PO_4 (1,0), K_2HPO_4 (1,0), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,25), рН 6,5.

До основного складу глюкозо-пептон-дріжджового середовища (ГПД) додавали 20 г/л пшеничних висівок, проварювали, фільтрували, розливали

мікробіологічні матраци. Усі середовища готували і стерилізували за загальноприйнятими методиками (Бухало, 1987). Дослідження проводилися в мікробіологічних матрацах ємністю 1 л, що містять 150 мл живильного середовища. Для приготування інокулюма брали 7-добові культури гриба, попередньо вирощені на ГПД за температури $26 \pm 0,1$ °С. Кожен матрац з рідким середовищем вносили по п'ять міцеліальних дисків ($d = 6$ мм). Культури інкубували у стаціонарних умовах за температури інкубації $26 \pm 0,1$ °С. Тривалість культивування міцелію – 14 діб. Біомасу міцелію фільтрували після завершення культивування та визначали кінцеве значення рН культуральної рідини за допомогою індикаторних тест-систем.

Гомогенати плодів отримували шляхом тонкого подрібнення підготовлених плодів (вмитих, очищених від неїстівних частин) у лабораторному диспергуючому пристрої з вихровим шаром феромагнітних частинок протягом 20 хв [241]. За другим способом гомогенати отримували після заморожування/розморожування плодів, використовуючи побутовий блендер Philips, в якому розморожені плоди подрібнювали протягом 20 хв до однорідної структури [242, 243]. У подальшому гомогенати фільтрували через чотири шари марлі з відділенням рідкої фізи.

Джерелом ферментів ліпази та ліпоксигенази слугували водний екстракт із висівок пшеничних, промислові ліпази. Суспензію готували у співвідношенні висівки:вода – 1 : 10 упродовж двох годин за температури води 4 °С, потім фільтрували й отримували екстракт з активністю ферментів: ліпоксигенази – 5,8-8,7 Е/міліграма, ліпази – 2,7-3,0 Е/міліграма [244].

Клітинні рослинні ферменти досліджували в різних частинах плодів (картоплі, солодкого перцю, м'якоті плодів, шкірці кавуна, огірків, кабачків, стулок гороху). Екстрагування ферментів проводили так:

- ліпоксигенази вилучали зі свіжих бобів сої, маш масою 7,5 г подрібнених у 70 см^3 0,2 М буфера (рН 4,5 ацетатний буфер, рН 6,5 фосфатний буфер, або рН 9 буфер борату) гомогенізували, використовуючи високошвидкісний гомогенізатор (Polytron PT модель 10-35 GT, Switzerland), при 10000 обертів за

хвилину впродовж 4 хв. Гомогенат фільтрували через чотири шари марлі, після чого фільтрат центрифугували при 16000 обертів за хвилину впродовж 5 хв. Супернатант використовували як ферменти. Усі процедури були виконані за температури 4 °С. Екстракт ферментів – безбарвна рідина без смаку та запаху [245];

- вилучали комплекс ферментів (LOX, HPL): подрібнювали рослинну сировину з водою за $t = 0$ °С у співвідношенні 1:1, фільтрували, центрифугували впродовж $\tau = 10$ хв, частота обертання барабану $n = 2000$ хв⁻¹ для видалення хлорофілу та зв'язаних з ним білків [246]. Для подальшого концентрування ферментів використовували надосадову рідину, в яку додавали етиловий спирт 70 % у кількості 1:1. У результаті в осад випадав білковий розчин, що містив ферменти. Для відділення осаду суміш центрифугували впродовж $\tau = 10$ –40 хв за $n = 1500$ –5000 хв⁻¹.

Підготовку проб плодів для визначення АОА проводили наступним чином: I – тонко подрібнювали, II – тонко подрібнювали та проварювали 30 хв, III – заморожували за температури мінус 18 °С, зберігали 3 місяці, розморожували за кімнатної температури, IV – баштанні плоди (кавунова м'якоть, кірки, гарбуз, огірок) тонко подрібнювали, потім додавали комплекс водорозчинних ферментів зі знежиреного соєвого шроту, термостатували за температури 37 °С упродовж 10 хв, V – водний екстракт ферментів зі знежиреного соєвого шроту отримували за методикою, описаною в Р. Скоупс [245].

Теплову обробку плодів проводили наступними способами: гідротермічно (конвективний спосіб) – плоди занурювали у киплячу воду, витримували 20 хв і охолоджували; комбіновано – у вакуумі з мікрохвильовим нагріванням (у вакуумній установці для перегонки та дистиляції водяної пари, з'єднаній з мікрохвильовою піччю Selektа (опис у розділі 2.6); заморожуванням – за температури мінус 18 °С у морозильній камері, розморожування проводили в установці з мікрохвильовим нагріванням за відповідним режимом.

Водні суспензії плодів готували зі свіжих зразків або після теплової обробки шляхом змішування з водою кімнатної температури у співвідношенні 1 : 1 і подальшої гомогенізації. Нут і квасолю перебирали, промивали,

замочували у воді на 4 години, потім відварювали (співвідношення боби : вода – 1 : 3) упродовж 2 год за температури кипіння, зливали залишок води, охолоджували, подрібнювали у блендері з динею, кавуном.

Для отримання мікрозелені зерна пшениці пророщували в однакових умовах освітлення при однаковій температура повітря (21°C), вологості повітря (67 %) та атмосферному тиску. Пророщування проводили за стандартною методикою, ящичним методом, при температурі 13 °C – 16 °C тривалість 4-11 діб [247].

Суспензію мікрозелені пшениці готували наступним чином: подрібнювали в блендері до утворення однорідної консистенції молоді паростки (мікрозелень від 4 до 7 діб пророщування зерен пшениці, заввишки 1-2 см), паростки (7-11-та доба пророщування – щільна мікрозелень, заввишки 8-10 см)

Для дослідження умов утворення аромату *in vitro* готували модельні розчини з пробудженим зерном. «Пробуджене зерно» – термін, що описує стан сухих зерен або насіння під час поглинання води. У науковій літературі як такий термін відсутній, але відповідає певному етапу проростання зерна. Припускають, що поглинання води зрілого сухого насіння є трифазним за метаболізмом процесів: зі швидким початковим поглинанням у першій фазі та подальшими фазами «плато» [248]. Проростання – це переривчастий або квантовий процес, тому насичення насіння водою створює необхідні умови для інтенсивного розгортання біохімічних реакцій [249]. Пробудження проводили замочуванням і витримкою зерен упродовж декількох діб за кімнатної температури 20±2 °C під вологою марлею.

Вплив відновленого аромату на сприйняття здійснювали за допомогою спеціальної ємності (рис. 2.3). Ємність є модифікацією ольфактометра, а саме Елсберга-Леві. На кришці просвердлені два отвори діаметром 3,5 мм, в які закріплені трубочки. Ємність заповнювали зразком на 1/3, щоб кінці трубочок перебували в повітряному просторі ємності. Для здійснення ретроназальної стимуляції об'єкти досліджень (ароматизатори) поміщали в 500 мл ємність, що закривається кришкою герметично, заповнюючи її на 1/3.



Рисунок 2.3 – Ємність для сприйняття ретроназального аромату (модифікація ольфактометру)

Учасники експерименту через трубочки робили 10 раз вдих через рот і видих через ніс. Після стимуляції використовували приватний метод дослідження сіалометрію. Загальна сіалометрія виконувалась шляхом збору ротової рідини в вимірювальну пробірку вранці, до їжи, протягом 10 хвилин після полоскання ротової порожнини водопровідною водою без стимуляції. У групі здорових осіб середній об'єм ротової рідини за 3 хвилини дослідження становив $3,25 \pm 0,9$ мл.

Контрольну групу становили 12 практично здорових добровольців у віці 20 років з санованою ротовою порожниною, які не мали в анамнезі хронічних захворювань слинних залоз. Для позначення впізнаваності або емоційних вражень від сприйняття використовували умовні позначення (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Умовні позначення впізнаваності або емоційних вражень ретроназального сприйняття

Позитивні	Негативні	Комбінація
+ приємні враження, запах ідентифікується з плодом	- неприємні враження, запах важко ідентифікується з плодом	+ - приємні враження, але запах важко ідентифікується з плодом
++ приємні враження, запах ідентифікується з плодом, присутня позитивна емоційна реакція, пов'язана з запахом	- - неприємні враження, запах важко ідентифікується з плодом, присутня негативна емоційна реакція, пов'язана з запахом	

Дослідження проводили в стані спокою (контроль) і після трьох видів стимуляції:

- 1) запах свіжого продукту (огірок, кавун, диня);
- 2) запах розчину рідкого ароматизатора ідентичний плоду – FTNF (огірок, кавун, диня). У дослідженнях використані зразки фірми «GLCC Co» і лабораторні, отримані шляхом вакуумної перегонки в лабораторії ПУЕТ [250];

3) запах харчового продукту (напою) з використанням рідких ароматизаторів. Напій готували шляхом змішування 100 мл гарячого 30 %-го цукрового сиропу (для кавунового і динного ароматизатора) з 10 мл розчину ароматизатора.

Зав'ялювання листя дерев та ягід проводили двома способами:

1. Листя закладали в морозильну камеру на 36 годин або більше (наприклад, листя можна використовувати для переробки через 1-3 місяці після закладання в камеру).

2. Листя розкладали на тканини і накривали тканиною зверху (або скручували в тканину з листям у джгут).

Використання двох різних способів підготовки листя дозволяє змодельювати різний підхід до подальшої технології:

- технологія традиційної ферментації: після закінчення процесу зав'ялювання, листя скручується трубочкою, таким чином, щоб лист частково був пошкоджений. Потім накривали вологою напівпроникною тканиною типу марлі для підтримки вологості всередині ємності. Масу в ємності ферментували 10-14 годин. Протягом цього періоду маса набувала темного кольору і формувався аромат, характерний для плодів дерев або ягід, з яких було зібрано листя

- технологія прискореної ферментації: заморожене листя розморожували при кімнатній температурі протягом 2-2,5 годин. Збільшення часу розморожування може спричинити втрату цінних попередників аромату. Потім листя подрібнювали у блендері або аналогічних пристроях. Отриману масу укладали в ємність щільним шаром. Потім накривали вологою напівпроникною тканиною типу марлі для підтримки вологості усередині ємності. Масу в ємності ферментували 4-6 годин. Протягом цього періоду маса набувала темного кольору і формувався аромат, характерний для плодів дерев або ягід, з яких було зібрано листя.

2.2 Методики використання ліпідів рослинної сировини

У роботі використані попередники аромату:

- вільні лінолева (ЛН) та ліноленова кислоти (ЛНЛ) концентрацією 99,7 % фірми Akros;
- вільна олеїнова кислота, країна-виробник Бельгія, постачальник Клебріг;
- вільні вищі ненасичені жирні кислоти «BioiL» ТОВ «Науково-виробнича фірма «Стар Трейд Компані Україна» (м. Дніпро);
- олія кукурудзяна, лляна, масло-какао;
- емульсії, що містять ЛН і ЛНЛ, отримували із льняного насіння шляхом настоювання у воді з температурою 98 ± 2 °С протягом 5 годин. У дослідженнях насіння льону перед настоюванням подрібнювали на лабораторному млині;
- віск змивали з поверхні яблук, капустиного листя водою з температурою 98 ± 2 °С.

Зміну в'язкості ліпідної фракції оцінювали віскозиметром Оствальда, на лабораторному віскозиметрі «Реотест-2».

Техніка ліпідології у дослідженнях Виділення ліпідів із клітинних структур здійснювали за класичною методикою. Із плодової м'якоті ліпіди виділяли в апараті Сокслета, використовуючи органічні розчинники (петролійний ефір, хлороформ-етанол або ацетон-етанол) [251].

Виділення ліпідів із клітинних структур здійснювали за методом Фолча: до 1 см^3 водної суспензії субклітинних частинок додавали 10 см^3 суміші хлороформ:метанол (1 : 1) і гомогенізували за кімнатної температури. До отриманого гомогенату додавали 9 см^3 хлороформу, 2 см^3 метанолу та продовжували гомогенізацію до досягнення максимальної гомогенності. Гомогенат залишали на 10 хв за кімнатної температури, періодично струшуючи, а потім центрифугували за 3000 об/хв. Осад повторно екстрагували й з'єднували екстракти. Для очищення отриманого ліпідного екстракту до нього додавали 0,2 об'єму 0,1 М водного розчину KCl і ретельно перемішували, для стабілізації ліпідів та їх осадження. Отриману емульсію розшаровували центрифугуванням протягом 30 хв при 3000 хв^{-1} . Верхню фазу видаляли, а нижню, що містить ліпіди, використовували або концентрували в роторному випарнику за температури 30...35 °С.

В'язкість виділеної ліпідної фракції вимірювали віскозиметром Оствальда.

Методика визначення жирнокислотного складу ліпідів у зразках: ліпіди екстрагували із наважки 1 г ліофільної висушеної маси зразків на холоді ізопропанолом, потім сумішшю ізопропанол-хлороформ (1:1) і двічі – сумішшю хлороформ-метанол (1:1). Кількість ЖК у сумарній фракції ліпідів визначали за допомогою газорідинної хроматографії у вигляді метилових ефірів (ДСТУ ISO 5508-2001). Аналіз метилових ефірів жирних кислот проводили методом газорідинної хроматографії, використовуючи газовий хроматограф GC-16A «Shimadzu» (Японія) з можливістю програмування температури до 330 °С, полум'яно-іонізаційний детектор і програмне забезпечення «GC solution». Для розподілу застосовували капілярну колонку THERMO TR-FAME (30 mm x 0,25 mm ID x 0,25 um film) з температурним градієнтом від 70 до 230 °С. Нерухома фаза – 70 % Cyanopropyl (equiv) Polysiphenylene-siloxane. Рухлива фаза: гелій, швидкість потоку газу – 1 мл/хв. Температура інжектора та детектора була 280 і 260 °С відповідно. Вміст жирних кислот виражали у відсотках від загальної суми. Ідентифікацію жирних кислот проводили шляхом порівняння часу утримування сполук, що визначаються, з часом утримування стандартних жирних кислот (у лабораторії біохімії Одеського селекційно-генетичного інституту).

Індекс ненасиченості жирних кислот обчислювали за формулою (Кисельова, 2008):

$$IH = \frac{\sum \% C_{n:1} + (\sum \% C_{n:2}) \times 2 + (\sum \% C_{n:3}) \times 3}{100 \%} \quad (2.1)$$

Ступінь ненасиченості ліпідів за йодним числом. Визначали кількість грам йоду, зв'язаного ненасиченими жирними кислотами за ДСТУ 4569:2006 «Жири тваринні і рослинні та олії. Методи визначення йодного числа» [252, 253].

Кількість вільних жирних кислот за кислотним числом. Визначали кількість міліграм КОН для нейтралізації вільних ЖК за ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначання кислотного числа (ISO 660:1996, NEQ). Для деяких цілей важливо було знати не кислотне число олії у міліграмі КОН, а вміст вільних жирних кислот (у %). За кислотним числом можна розрахувати приблизний вміст вільних жирних кислот у жирі (ω Жк) [254].

Жирнокислотний склад. Аналіз жирно-кислотного складу міцелію та культуральної рідини здійснювали за ДСТУ ISO 5508-2001. Жири та олії тваринні та рослинні. Аналіз методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот. Дослідження метилових ефірів жирних кислот проводили на газовому хроматографі 7890 (Agilent Technologies, США). Підготовку проб здійснювали згідно з: ДСТУ ISO 661: 2004. Жири тваринні та рослинні та олії. Приготування випробувального зразка. ДСТУ ISO 5509-2002. Жири та олії тваринні та рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот.

Метод визначення гідроперекисів і дієнових кон'югатів шляхом екстракції їх гептанізопропанольною сумішшю з подальшим виміром оптичної щільності гептанової фракції у діапазоні 232–234 нм, що відрізняється тим, що, з метою підвищення чутливості та прискорення способу, до зразка додавали 15–25-разову кількість гептан-ізопропанольної суміші у співвідношенні 1:1, а після екстракції у суміш вносили 1/10–1/7 об'ємну частину розчину соляної кислоти за рН 1–2, заснований на вимірі поглинання світла дієновими гідроперекисами за 234 нм на спектрофотометрі UV1280 Shimadzu або КФК-3 за кімнатної температури, з молярним коефіцієнтом екстинкції $2,5 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Тест тіобарбітурової кислоти (ТБК-тест): гідроперекиси ПНЖК, отримані шляхом ферментативного окиснення, реагують з тіобарбітуровою кислотою з утворенням червоного пігменту. Оптимальна рН реакції 4,0 [255]. Метод заснований на реакції між малоновим діальдегідом (діальдегід, отриманий у результаті двоступінчатого окиснювального розкладання жирних кислот із трьома та більше подвійними зв'язками) і тіобарбітуровою кислотою та утворенням забарвлених триметинових комплексів із максимумом поглинання за довжини хвилі 532 нм на спектрофотометрі Shimadzu.

До 2 мл 40 %-ї трихлороцетової кислоти додавали 2 см³ біологічного матеріалу, потім підливали 1 мл розчину тіобарбітурової кислоти та поміщали в киплячу водяну баню на 45 хв. Проби охолоджували, потім додавали 4 мл бутанолу і струшували впродовж 1 хв до утворення суспензії. Центрифугували за

6000 хв⁻¹ 20 хвилин. Після центрифугування супернатант досліджували фотометрично за двох довжин хвиль 535 нм і 570 нм проти контрольної проби в кюветі з довжиною оптичного шляху 1 см.

Розрахунок:

$$C = (E_{535} - E_{570}) \cdot V / (\varepsilon \cdot K \cdot V_0), \quad (2.3)$$

де C – концентрація ТБК-активних продуктів у дослідній пробі (мкмоль/г·мл);

E_{535} – оптична щільність проби за 535 нм;

E_{570} – оптична щільність за 570 нм;

ε – коефіцієнт молярної екстинкції комплексу малонового діальдегід-ТБК, $1,56 \times 10^{-5} \text{ M}^{-1}/\text{cm}^{-1}$;

K – коефіцієнт розведення матеріалу;

V і V_0 – об'єм початкового біологічного матеріалу та в пробі, мл.

Визначення Z -потенціалу у фермент-субстратних взаємодіях і гідродинамічного діаметру Для визначення Z -потенціалу у фермент-субстратних взаємодіях і гідродинамічного діаметру використовували дистилати (отримання описано в розділі 2.6), промислові ароматизатори фірми «GLCC Co» (у концентрованому вигляді та після розведення 1:10 і 1:100), екстракти ліпідів з плодів огірка, кавуна, дині.

Розподіл розміру колоїдної фракції та електрофоретична рухливість частинок була визначена на аналізаторі Malvern Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Великобританія) з використанням запатентованої технології M3-PALS. Усі виміри проводили в термостатичній комірці за температури 25 °C, з кутом детектування 173°, використовуючи кювети DTS0012 для дзета-потенціал вимірювань. Завдяки оптиці з технологією неінвазивного зворотного розсіювання (NIBS) його ефективність значно краще, ніж у систем з оптикою розсіювання під кутом 90 градусів. Для контролю повторюваності результатів для кожного зразка виконано не менше п'яти повторних вимірів. Розподіл за розмірами в одиницях інтенсивності отримано з аналізу кореляційних функцій із

використанням алгоритму General purpose програмного забезпечення аналізатора Zetasizer Software 7.11. Дослідження проведені в проблемній лабораторії НУХТ (м. Київ).

За допомогою вимірювань на аналізаторі Malvern Zetasizer Nano ZS розрахований індекс полідисперсності (polydispersity index, PI) п. 2.2 ISO 13321:1996(en) Particle size analysis – Photon correlation spectroscopy.

Гістологічні методи дослідження постракційних змін ліпідів Гістологічні методи дослідження проводили на тринокулярному мікроскопі Micromed XS-4130 з пакетом застосованих програм для візуалізації на комп'ютері. Для аналізу відбирали 1 міліграм зразка рослинних гомогенатів, готового желе, обробленого листя, монтували на предметні стекла електронного мікроскопа у вигляді препарату «роздавлена крапля», досліджували, збільшуючи у 10, 40, 100 разів. Для дослідження ліпідомістких структур клітини відбирали рослинні проби, в яких ліпідомісткі структури забарвлювали розчином Судану III [256]. Барвник готували за такою методикою: 0,2–0,6 г Судану III заливали 100 см³ гарячого 70-градусного спирту, кілька разів збовтували і, закривши кришкою, ставили в парафіновий термостат. Через декілька годин охолоджували та фільтрували. Фарбувальну здатність розчину посилювали незадовго перед забарвленням, підливаючи до 20 см³ розчину 2–3 см³ дистильованої води. Як тільки розчин стає каламутним, починали забарвлення зразків. Таким способом отримали розчин Судану концентрацією 0,2–0,6 %. Забарвлення зразків проводили, починаючи з приготування препарату «роздавлена крапля». На предметне скло наносили краплю досліджуваної плодової м'якоті (свіжої, замороженої, після гідротермічної або ферментативної обробки) та переносили в неї краплю Судану III концентрацією 0,2 – 0,6 % (залежно від природного забарвлення м'якуша), витримували протягом 20 хв. Потім рівномірно розміщували та накривали покривним склом (маніпуляції проводили, дотримуючись правил асептики). Якщо утворився надлишок води, то її видаляли фільтрувальним папером. Ліпіди під дією розчину Судану III забарвлюються в коричневий колір. Препарат

«роздавлена крапля» дозволив встановити форму клітин досліджуваних об'єктів, їх розміри, розташування, зміну ліпідомістких структур.

2.3 Методи визначення активності ферментів LOX у рослинній сировині

Активність ліпоксигенази визначали двома методами:

- спектрофотометрично, вимірюючи збільшення поглинання світла, викликане утворенням кон'югованих дієнових гідроперекисів за 234 нм. Одна одиниця активності ліпоксигенази визначалася як зміна поглинаючої здатності за 1 хв на 1 мл гомогенату. Для виділення препарату LOX плоди гомогенізували в охолодженому до +4 °С 0,1 М фосфатному буфері (рН 6,3), що містить 2 мМ ФМСФ, 0,04 %-й натрійметабісульфіт (маса/об'єм). Гомогенат центрифугували на центрифусі WPW-310 (Польща) за 10 000 хв⁻¹, за температури +4 °С впродовж 30 хв. Отриманий супернатант використовували для визначення активності LOX. Кінетичні виміри проводили на спектрофотометрі СФ 46. Використовували 0,1 М натрій-ацетатний (рН 4,0–5,5), 0,1 М натрій-фосфатний (рН 6,0–8,0) і 0,1 М боратний (рН 8,0–9,5) буферні розчини. Стандартна реакційна суміш для визначення активності LOX об'ємом 2,5 см³ містила: натрій-фосфатний буферний розчин (0,1 М, рН 7,0) або натрій-фосфатний буферний розчин (0,1 М, рН 6,0) або натрій-фосфатний буферний розчин (0,1 М, рН 6,5), 0,02 % луброл РХ (вага/об'єм) [257];

- за перекисним числом, яке визначали за методом, заснованим на визначенні перекисного числа, що змінюється в процесі поглинання молекулярного кисню субстратом і утворення при цьому гідроперекисей під дією ферменту. заснованим на окисненні іодистого калію пероксидами та гідропероксидами. До 1 мл ферментної витяжки додавали 10 мл хлороформу, швидко розчиняли досліджувану пробу, підливали 15 мл крижаної оцтової кислоти й 1 мл 5 %-го розчину іодистого калію. Колбу з реакційною сумішшю залишали на 5 хв у темному місці за 15–20 °С для завершення окиснення іодистого калію. Потім додавали 75 см³ дистильованої води та 5 крапель розчину крохмалю.

Йод, що виділився, відтитрували розчином тіосульфату натрію (0,1 моль/дм³). Активність ліпоксигенази (од/см³ хв) розраховували за формулою:

$$v = (P_o - P_k)/(V \cdot t), \quad (2.5)$$

де P_o , P_k – перекисне число в дослідній і контрольній пробі, г йоду/100 г жиру;

V – об'єм ферментного препарату, см³;

t – час дії ферменту, хв.

Приготування контрольної проби: до 5 мл дистильованої води додавали 50 мл 0,15 М фосфатно-цитратного буфера, рН 7,0 і 100 мл субстрату. Через 20 хв пробу центрифугували за 5 000 об/хв протягом 15 хв, використовували надосадову рідину.

2.4 Методика визначення карбонільних сполук

Можливі реакції 2,4-дінитрофенілгідразину з деякими карбонільними сполуками в міцелярних середовищах ПАР відомі і часто застосовуються [258]. В роботі була розроблена методика визначення карбонільних сполук (КС) в паровій фазі харчових продуктів, шляхом заміни біхромату калію в методиці визначення «числа аромату» 2,4-дінитрофенілгідразином (2,4-DNPH) з подальшим аналізом отриманих результатів на фотоколориметрі. Обрана методика дозволяє визначити за допомогою реагенту 2,4-дінитрофенілгідразину карбонільні сполуки в модельних розчинах і реальних об'єктах фотоколориметричним методом із довжиною світлових хвиль 390–490 нм.

Інтенсивність окиснювальних процесів оцінювали у паровій фазі досліджуваних продуктів з 2,4-дінитрофенілгідразином (2,4-ДФГ). На початку роботи побудували графік (по осі абсцис масову концентрацію альдегідів, а по осі ординат – спектри поглинання при $\lambda=364\text{нм}$) для чистого розчину $\text{CH}_3(\text{HO})\text{C}_6\text{H}_3\text{CHO}$ ваніліну – альдегід ваніляль $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$, водний розчин з якого готували концентрацією 0,025%, 0,05 %, 0,075%, 0,1%. Це було зроблено з метою перевірки літературних даних, за якими гідрозони (продукти конденсації КС і 2,4-ДФГ) у спиртово-лужних розчинах мають $\lambda_{\text{max}}=455$ нм, спиртових

$\lambda_{\max}=360$ нм. Після цього перевіряли кореляцію вмісту ваніліну в модельних зразках зі значеннями градувального графіку [259].

Для подальшого аналізу були приготовані розчини гексаналу, октаналу, ноненалу з концентрацією КС C_6-C_9 (0,025 %; 0,05 %; 0,1 %; 0,25 %; 0,5 %; 1,0 %;) з метою побудови градувального графіку. Переносили в 6 колб 50 см^3 кожного розчину. У цьому колбу вносили 10 см^3 дистильованої води – контрольний розчин. У кожну колбу підвішували посудину, заповнену $2,5 \text{ см}^3$ 0,5 %-м розчином 2,4-ДФГ (розчинник етилацетат), закривали колби, легкі компоненти збирали під час кип'ятіння колб протягом 30 хвилин. Після охолодження переносили 0,5 %-й розчин 2,4-ДФГ зі спеціальної посудини в скляну кювету, визначали спектри поглинання світлових хвиль за $\lambda = 490$ нм на фотоколориметрі. У подальших дослідженнях використовували градувальні графіки для аналізу підготовленої сировини рослинного походження.

Рослинну сировину масою 100 г переносили в мірну колбу 500 мл. Спеціальну посудину 5 см^3 заповнювали $2,5 \text{ см}^3$ 1 %-м розчином 2,4-ДФГ, підвішували її усередині колби. Закривали колбу притертою пробкою і встановлювали її в термошафу на 5 годин за температури 60°C . Охолоджували колбу протягом 50 хв на кахельній плитці, переносили 1 %-й спиртовий розчин 2,4-дінитрофенілгідразину зі спеціальної посудини в стандартну скляну кювету шириною 24 мм, завтовшки 5 мм.

Знаходили концентрацію карбонільних сполук C_6-C_9 у парах продукту рослинного походження за задалегідь побудованим градувальним графіком.

Адсорбція 2,4 ДНФГ на папері. Особливістю розробленої методики є нагрівання та застосування етилацетату в якості розчинника 2,4-DNPH. За спостереженнями, використання етилацетату, як розчинника, може впливати на отримані показники в деяких плодах. Кип'ятіння зразків для переведення КС в парову фазу також є трудомістким процесом. Тому був розроблений експрес-метод визначення КС заснований на адсорбції 2,4-DNPH на фільтрувальних смужках.

В роботі використовували, папір фільтрувальний у вигляді смужок шириною 10 мм, стандартні скляні кювети шириною 24 мм з товщиною

поглинаючого шару 10 мм. Одну кювету заповнювали розчином 2,4-DNPH, який реагував з водою (контрольний зразок). Другу кювету заповнювали розчином, який прореагував із КС. Розчин 2,4-дінітрофенілгідразину 0,5 % готували з етилацетатом. Паперові смужки занурювали в розчин 2,4-DNPH та витримували до повного просочування. Після цього пінцетом викладали смужки на спеціальну поверхню і розміщували в шафі при температурі 65 ± 2 °С до повного висушування. За таких умов розчинник етилацетат випаровувався з поверхні паперу, а 2,4-DNPH рівномірно адсорбувався на ньому. Підготовлені тест-смужки занурювали в розчини зразків, що досліджувались (рис.2.4).



а



б

Рисунок 2.4 – Експрес-визначення карбонільних сполук: а – тест-смужки з 2,4 ДНФГ, б – зразки екстрактів з тест-смужками та розчином 2,4 ДНФГ

Подальші дослідження показників проводили спектрофотометрично.

2.5 Методи визначення ароматичних компонентів

2.5.1 Хроматографічний аналіз АР

Хроматографічний аналіз АР проводили:

- у хроматографічній лабораторії «Укрметртестстандарт» (м. Київ), де аналіз парової фази проводили на хроматографі HP 6890 (Hewlett Packard) з парофазним аналізатором HP 7694, колонка капілярна, Factor Four vf-5 ms (Varian), 30 м x 0,32 мм, товщина фази 0,25 мкм, газ-носіє – гелій, швидкість потоку газу-носія – 1 мл/хв, термостат колонок – 50 °С – 5 хв, 5 °/хв – 220 °С – 5 хв, 25 °/хв – 320 °С – 2 хв, інжектор – 250 °С без ділення потоку. Детектор

(пароінжекторний) 300 °С. Умови парофазного аналізатора: температура термостата – 80 °С, час утворення парової фази – 30 хв, об'єм інжекції – 1 мл;

Хроматографічний аналіз летких компонентів ферментованого листя. До наважки зразка масою 10 г додавали 100 мл гексану і струшували на шейкері протягом 30 хв. Екстракт фільтрували через паперовий фільтр і концентрували при температурі 37 °С до об'єму 1 мл. Розділення летких компонентів проводили на газовому хроматографі Agilent Technologies 7890 А. Умови газохроматографічного розділення: колонка капілярна vf-5 ms (Varian), довжина 25 м, внутрішній діаметр 0,20 мм, товщина шару фази – 0,33 мкм; газ-носії – гелій, швидкість потоку 1 мл/хв. Програма термостату колонок 62 °С витримка 12,5 хв, нагрів 3°/хв до 92 °С витримка 1 хв, нагрів 5°/хв до 165 °С, витримка 1 хв, нагрів 5°/хв до 200 °С витримка 2,5 хв. Температура інжектора 250 °С. Спосіб введення з діленням потоку, від 10:1. Детектор – полум'яно-іонізаційний. Температура: 300 °С. Повітря: 300 мл/хв. Отримані результати порівнювали з часом утримання еталонних речовин.

- у лабораторії НУХТ (м. Київ), де визначення АР проводили в умовах газохроматографічного аналізу на газовому хроматографі «Цвет-100»: температура інжектора – 200 °С, кількість проби – 5 мкл, витрата газу-носія – 33 см³/хв, чутливість детектора – 20×10^{-10} . Температура термостату колонки варіювалась у межах 90...190 °С із кроком 5 °С, твердий носій CHROMATON зерненням 0,250...0,315 мм, нерухома фаза ПЕГ-6000, газ-носії – азот, витрати газу-носія – 33 см³/хв, витрати водню – 33 см³/хв, витрати повітря – 330 см³/хв, об'єм проби – 10 мкл. Запис хроматограм і розрахунок площ піків проводили за допомогою комп'ютерної програми «Хромпроцессор 7»;

- у Київському інституті фізичної хімії, де аналіз проводили на хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973 inert (Agilent Technologies, США). Колонка капілярна HP-5ms 30 m x 0,25 mm x 0,25 mkm (Agilent technologies, США). Температурний режим – 50 °С (5 хв), градієнт температури – 5 °С/хв до 220 °С (5 хв), другий градієнт – 5 °С/хв до 300 °С (10 хв), газ-носії – гелій, швидкість потоку через колонку – 1,0 мл/хв. Температура випаровувача –

250 °С, інтерфейсу – 280 °С, пробу вводили в режимі з поділом потоку 1:25. Реєстрацію іонів проводили в режимі SCAN у діапазоні 30–420 m/z. Ідентифікацію компонентів суміші проводили з використанням бібліотеки мас-спектрів NIST02.

Концентрацію та ідентифікацію ароматичних компонентів мицелію і культуральної рідини визначали з використанням парофазного газохроматографічного методу на хроматографі «Кристаллюкс-4000М» (ООО «НПФ Мета-хром»). Використовували хроматографічну колонку ZB-WAX (l = 30 м, d = 0,32 мм з товщиною плівки 0,5 мкм) з сорбентом 100% поліетиленгліколем (Phenomenex, США). Початкова температура колонки складала 40 °С протягом 5 хв., далі збільшували до 140 °С зі швидкістю 4 °С/хв. Температура полум'яно-іонізаційного детектора складала 250 °С, температура випарника – 200 °С. Оптимізували тиск на капілярній колонці в межах 0,5-0,8 атм, відповідно, витрати потоку газу-носія азоту з 1,5 до 2,9 мл/хв. для кращого розділення компонентів проби. Реєстрували та обробляли хроматограми у програмному забезпеченні NetChrom v2.1. Ідентифікували леткі сполуки за часом та індексами утримання, порівнюючи параметри кожного піку проби з параметрами піків аналітичних стандартів (98,0-99,8%, для хроматографії): гексаналь, гептан, 1-октен-3-ол, диметилтрисульфід, 2-пентилфуран, оцтова кислота, октаном та стирол (фірми-виробники Acros Organics Co., Sigma-Aldrich Co., Alfa Aesar Co.).

2.5.2 Використання методу «електронний ніс»

Використання методу «електронний ніс» на основі п'єзовагів – аналізатор пари на основі матриці різнорідних сенсорів, що підбираються за їх хімічною спорідненістю до окремих компонентів аналізованої суміші газів і пари. Виміри були проведені в лабораторії Національного університету харчових технологій (м. Київ) на основі універсальних мас-чутливих сенсорів для парофазного аналізу із застосуванням багатоканального аналізатора «МАГ-8» сорбційного типу на основі восьми п'єзокварцових резонаторів РК-186 з базовою частотою коливань 10,0 МГц із різнохарактерними плівками сорбентів. Аналітична інформація

аналізатора проведена із застосуванням програмного забезпечення «МАГ-Soft» і представлена «візуальними відбитками» та хроночастотограмами.

У герметичну хімічну склянку 50 см³ із поліуретановою мембраною поміщали пробу, витримували в ній зразок 30 хв. Відбір рівноважної газової фази зразків проводили індивідуальним пробовідбірником і далі інжектували в патрубки приладу. При цьому молекули аромату абсорбуються на плівках, розташованих на поверхні мікровагів. Кожна плівка по-своєму реагує з компонентами запаху, сумарний сигнал приладу – набір чисел виводиться на монітор або записується і обробляється комп'ютерною програмою. Остаточний результат формується у вигляді пелюсткової діаграми – «квітки аромату», де кожна пелюстка – носій інформації про вміст контрольованих компонентів: кетону, альдегідів, спиртів і т. п. [260]. На пелюсткових діаграмах використані такі позначення: PEGad – поліетіленгліколь адіпінат, DCG18k6 – діціклогексан-18-краун-6, TX100 – тритон, PEG2000 – поліетіленгліколь, PDEGsuc – полідіетіленглікольсукцінат, PEGseb – поліетіленглікольсебацінат [261].

2.5.3 Умови сенсорного аналізу

Описовий сенсорний аналіз ароматів був використаний як простий описовий, кількісний описовий (профільний) і баловий. Серед якісних розрізняльних методів використовували метод парного порівняння (під час зміни рецептури), метод триангулярний і «дуо-тріо» (для визначення слабо виражених відмінностей). Ранговий метод використовувався для виділення з-поміж ряду зразків найцікавіших, щоб піддати їх точнішому аналізу іншими методами. Метод «А не А» використовували для встановлення різниці між зразками, що оцінювали, за одним показником – аромат відновлений–не відновлений. Усі види сенсорного аналізу виконувалися кваліфікованими суддями (9 або 11 осіб із перевіреною чутливістю) з досвідом роботи в області органолептичної оцінки [262]. Усі методи сенсорної оцінки допускали деякий обмін думками, окрім методу «розширеного трикутника», який використовували для остаточного вирішення відновлення аромату. Метод «розширеного трикутника»: у чотири колби Ерленмейєра з притертими пробками місткістю 100 см³ вносили: у три колби –

по 50 см³ контрольного модельного розчину, в одну – 50 см³ досліджуваного зразка та закривали пробками. Заздалегідь кожному дегустаторові пропонували відкрито ознайомитися із запахом контрольного модельного розчину (свіжі зразки, що не вимагають відновлення аромату). Одну з трьох колб із контрольним модельним розчином старанно збовтували, відкривали пробку та легенько втягували повітря в ніс із колби прямо до горла. Потім проводили закриту дегустацію розчинів у трьох інших колбах, щоб визначити запах розчинів, що відрізняються від контрольного (зразки з відновленим ароматом). Характер запаху виражають описом. Інтенсивність запаху виражають у балах, результати заносять в індивідуальну дегустаційну карту [263].

Круглі столи були проведені до початку випробування для ознайомлення з інструкціями, панеллю тестування і протоколом випробувань. Розділені кабінки розташовувалися в лабораторії з контрольованою температурою довкілля (20 °C) й оснащені люмінесцентними лампами. Сенсорний аналіз проводився за допомогою методів аналітичної оцінки описовим методом (методом профілювання) та методом використання шкал і категорій (балова оцінка) згідно ДСТУ ISO 6658:2005 «Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови» [264].

Оцінка аромату подрібненої цибулі, цибулевого пюре, соку, а також екстрактів ферментованого та неферментованого листя, зібраного на різних стадіях розвитку, проводилась дегустаційною комісією, до складу якої входило 11 осіб. Учасники не споживали ароматних страв і не палили перед органолептичною оцінкою. Для кількісної оцінки змін аромату цибулі використовувалась 5-баловою шкалою: 5 – відсутність цибулевого аромату, 4 – ледь виражений аромат цибулі, 3 – аромат цибулі присутній, але не повністю ідентифікується, 2 – цибулевий аромат менш інтенсивний порівняно з ароматом свіжої цибулі, 1 – цибулевий аромат, як у свіжому плоді. Дегустатори по черзі оцінювали зразки цибулі, записували свої результати в дегустаційну карту і формулювали загальний висновок щодо змін аромату.

Основними ароматичними сполуками свіжої цибулі є 3,4-диметил-2,5-діоксо-2,5-дигідротіофен, пропилметан-тіосульфонат, пропілпропантіосульфонат та тіопропаналь S-оксид. Пороги їх сприйняття показують, що для органолептичної оцінки змін аромату не потрібно залучати спеціально навчених експертів. Стійкість змін аромату перевіряли у цибулевому пюре, яке зберігалось в герметичних посудинах при температурі 6 ± 2 °C протягом 96 годин.

Для порівняння інтенсивності аромату ферментованого та неферментованого листя вишні та липи та його відповідності ароматам плодів вишні або цвіту липи, відповідно, була розроблена і використана описова система оцінювання. Для кожного члена комісії на дегустацію представлялись всі зразки екстрактів з ферментованого і неферментованого листя, які оцінювались. Кожен член комісії заносив результати дегустаційної оцінки у дегустаційну карту з 5-бальною шкалою (5 – аромат екстракту повністю відповідає аромату цвіту липи або плодам вишні, 4 – аромат екстракту частково відповідає аромату цвіту липи або плодам вишні, 3 – аромат екстракту відповідає фруктовому солодкому аромату, має виразний відтінок аромату цвіту липи або плодів вишні, 2 – аромат екстракту має ледь виразний відтінок цвіту липи або плодів вишні, 1 – аромат екстракту не відповідає фруктовому солодкому, аромату цвіту липи, плодам вишні) та робив свій узагальнений висновок щодо відповідності аромату плодам вишні або цвіту липи. Для порівняння були підготовлені еталонні зразки ароматів вишні та липи у вигляді свіжих вишень і цвіту липи. Середня оцінка розраховувалась як середнє арифметичне балів, отриманих від дегустаторів.

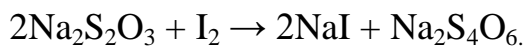
2.5.4 Число аромату: біхроматний і відносний метод

Масову частку ароматичних речовин у зразках визначали як число аромату (у мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100\text{г}$) біхроматним методом [252, 263]. Це умовний показник, де загальна кількість ароматичних речовин виражається не абсолютною кількістю ефірних олій, а кількістю біхромату калію, витраченого на їх окиснення. Отже, це непрямий метод визначення суми ароматичних речовин, здатних відганятися з водяною парою і окиснюватися хромовою сумішшю, що складається із

двохромового калію і концентрованої сірчаної кислоти. Розпочинаючи визначення ароматичних речовин, беруть наважку з точністю до 0,01 г. Величина наважки залежала від очікуваної кількості ароматичних речовин (від 10 до 50 г). Наважку поміщали у перегінну колбу та заливали 100 см³ дистильованої води. Прилад для перегонки складається із перегінної колби місткістю 300 см³, холодильника з прикріпленим на його кінці алонжем і приймальної колби (використовується мірний циліндр місткістю 50 см³). Подовжений кінець алонжа доходить до дна приймальника, закривається пробкою, що щільно приганяє, з капілярним отвором для виходу повітря. Щоб уникнути вивітрювання ефірних олій пробірку для збору дистиляту охолоджували в посудині з холодною водою або льодом. До початку перегонки в приймальну посудину наливали 5 см³ хромової суміші, приготованої шляхом змішування 50 г кристалічного K₂Cr₂O₇, 500 см³ концентрованої H₂SO₄ і 450 см³ дистильованої води. Перегонку проводили за рівномірного кипіння до тих пір, поки в приймальній посудині не збереться точно 50 см³ дистиляту. Під час взаємодії ефірних олій із хромовою сумішшю відбувалось їх окиснення за рахунок кисню, виділеного біхроматом калію: $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O + 3O$.

Повне вилучення ефірних олій досягається під час кип'ятіння суміші на водяній бані протягом 1 год. Заздалегідь місткість приймальної пробірки переносили у склянку місткістю 100 см³ і змивали пробірку дистильованою водою, яку приєднували до дистиляту. Склянку накривають годинниковим склом. Через 1 год вміст склянки охолоджували і переносили у конічну колбу з притертою пробкою місткістю 800 см³, змиваючи склянку та годинникове скло дистильованою водою (50 см³), потім вносили 25 см³ розчину KI (100 г/дм³), закривали колбу пробкою і витримували у темному місці 3 хв. При цьому протікала реакція між біхроматом калію, що залишився після окиснення усіх ефірних олій, виділених із наважки досліджуваного продукту, і KI. У результаті окисно-відновлювальної реакції виділяється вільний йод, який титрували розчином Na₂S₂O₃ (0,2 моль/дм³) у присутності крохмалю:





Синє забарвлення розчину, викликане реакцією між крохмалем і йодом, переходить у бірюзове, обумовлене іонами Cr^{3+} . Паралельно проводили контрольне титрування хромової суміші, куди замість дистилляту вносили 50 см^3 дистильованої води [262].

«Число аромату» X_a (у мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ концентрацією $0,2 \text{ моль/дм}^3$ на 1 г або 100 г досліджуваного продукту) розраховували за формулою:

$$X_a = 100 (V_1 - V_2) K/m,$$

де V_1, V_2 – об'єми розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, витрачені відповідно на контрольне та робоче титрування, см^3 ; K – поправочний коефіцієнт розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; m – маса наважки продукту, г .

2.6 Опис установок для вилучення ароматичних компонентів та впливу на попередники

Дистиллят з ароматичними компонентами збирали в модернізованому ротаційному випарнику ІКА RV 10 Control (Німеччина) з автоматичним визначенням точок кипіння і прямим підключенням до вакуумного насоса з регульованою швидкістю, в лабораторії кафедри технології консервування НУХТ. Точне управління рівнем вакууму запобігає відхилення від заданого значення вакууму. Це прискорює процес дистиляції, робить його більш ефективним і безпечним. Випарник RV 10 control auto також оснащений функціями забезпечення безпеки – захистом від роботи насухо та контурами максимальної безпечної температури. Під час роботи пристрій запрограмував, зберіг і відтворив до 10 індивідуальних процедур дистиляції, що збільшило гнучкість використання пристрою та результатів.

Для ефективної роботи з вивчення ароматичних концентратів створений універсальний лабораторний вакуумний випарник (рис. 2.5) із регульованим розрідженням у системі, барометром, конденсатором і уловлювачем АР. Особливість установки полягає не лише в отриманні ароматичних дистилатів шляхом перегонки за знижених температур, але і в створенні умов для зміни

Ван-дер-Ваальсових сил, розклинюючого тиску під дією розрідження, а також в утворенні олеогумоподібних ароматичних речовин. Гідролати та ароматичні емульсії в лабораторії отримували у процесі вакуумної перегонки з водяною парою із гомогенатів. Від ефірних олій ароматичні емульсії відрізняються вмістом як летких, так і нелетких компонентів, отриманих на основі реакцій із попередниками.



- 1 – вакуумна магістраль;
- 2 – краплеуловлювач;
- 3 – барометр;
- 4 – холодильник;
- 5 – з'єднувачі;
- 6 – термометр;
- 7 – нагрівальне середовище;
- 8 – ємність для дистиляту;
- 9 – водоструменевий насос;
- 10 – підігрівник

Рисунок 2.5 – Лабораторна установка для уловлювання АР

Експериментальна установки була сконструйована у ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» має ряд особливостей, що відрізняються від існуючих модифікацій, у першу чергу, малою вірогідністю утворення сторонніх речовин, а також тим, що умови за температури перегонки оптимальні для проходження реакцій з попередниками аромату [255]. У лабораторній установці відстань від випарника до конденсатора – 500 мм. Процес перегонки здійснювали при розрідженні від 90 до 5 кПа (об'єм гомогенатів зменшувався на 20–40 %).

Друга експериментальна установка виконана на базі побутової мікрохвильової печі «СЕЛЕКТА» з регульованою потужністю 0,3–0,8 кВт, обладнаної вакуумним насосом і системою видалення вологи (рис. 2.6). Інтенсивність мікрохвильової енергії регулювали залежно від кількості висушеного матеріалу та від кількості залишкової вологи. Вакуум утворюється

усередині спеціальної посудини, що розміщується усередині печі за допомогою вакуумних насосів. Для ефективності уловлювання пари конденсату в холодильниках-конденсаторах використовували холодну воду. Внутрішня частина холодильників виконана у вигляді спіралі для того, щоб подовжити шлях газів, що не конденсуються, але можуть захоплювати за собою ароматичні речовини.

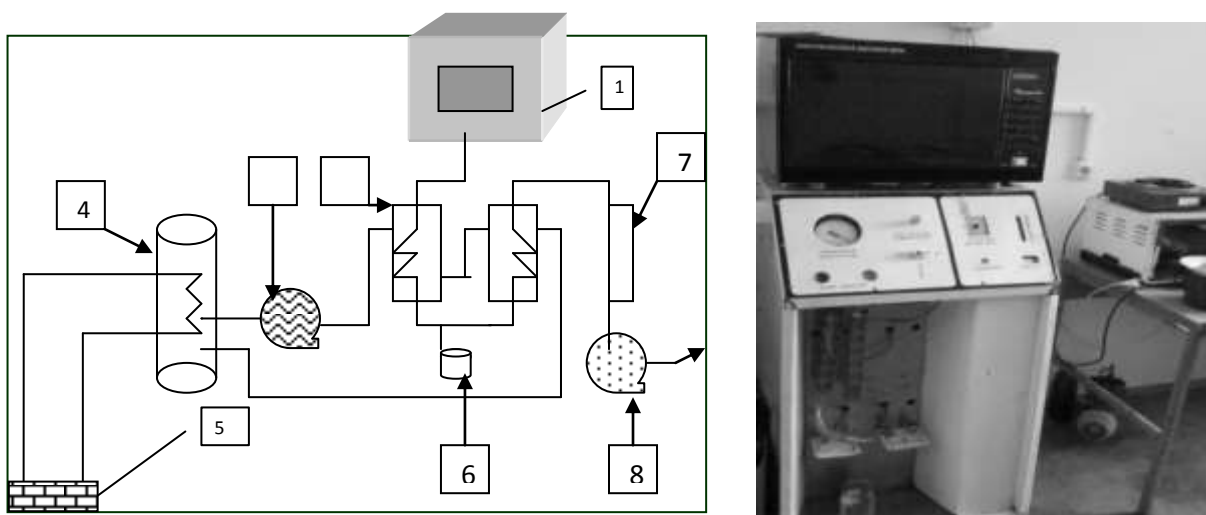


Рисунок 2.6 – Блок-схема вакуумної сушарки із НВЧ-енергопідводом

1 – НВЧ-камера; 2 – конденсатори-холодильники; 3 – насос для подачі охолодженої води; 4 – посудина з охолодженою водою; 5 – холодильний агрегат; 6 – посудина для збору конденсату; 7 – ресівер; 8 – вакуумний насос.

Порівняно з традиційними методами обезводнення мікрохвильове вакуумне сушіння відбувається з високою швидкістю (тривалість не більше 30 хв).

Для повнішої конденсації ароматичних речовин у холодильниках постійно підтримували температуру охолоджувальної рідини $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Глибину розрідження (3 – 50 кПа) встановлювали за допомогою вакуумного регулятора. Аналог установки описаний у роботах Дрюез А., Шуберт Н., 1996–1999 рр. [268, 269]. Для швидкої ідентифікації типу з'єднань у дистилатах, тобто чи є вони спиртами, кетонами або альдегідами, аліфатичного чи ароматичного ряду проводили якісні реакції на спирти (нітрохромова кислота – зміна забарвлення від яскраво-жовтого до блідо-голубого), метилкетон і альдегіди (2,4 динітрофенілгідразином – жовтий осад, реактив Шиффа – рожеве забарвлення), ефіри (гідроксамат заліза – червоне

забарвлення), ароматичні вуглеводні ($\text{HCHO-H}_2\text{SO}_4$ – винно-червоне забарвлення) та інші [267].

Дистиляти, отримані в лабораторній вакуумній установці з мікрохвильовим нагріванням і конденсаванням газів, що виходять, були проаналізовані з дистилятами, отриманими в аналогічній вакуумній установці з конвективним нагріванням. При конвективному режимі нагрівання за температури $40\text{ }^\circ\text{C}$ відповідало мікрохвильове нагрівання за потужності $0,6\text{ кВт}$.

Концентрацію дистилятів здійснювали кріоконцентруванням (виморожуванням води). Спосіб заснований на тому, що температура замерзання водного розчину завжди нижче температури замерзання чистої води. Тому під час зниження температури в першу чергу вимерзає вода, в результаті чого утворюються рідина більш високої концентрації і кристали льоду [270]. Дистилят переносили в ємність, які розміщували в холодильній камері за температур $-12\text{ }^\circ\text{C}$, $-18\text{ }^\circ\text{C}$, $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Витримували відповідно 20, 15, 12 хв. За таких умов на поверхні утворювався практично чистий лід, який обережно відокремлювали від дистиляту.

Для подрібнення використовували блендер фірми Philips або лабораторний диспергуючий пристрій з вихровим шаром феромагнітних частинок (рис.2.7).

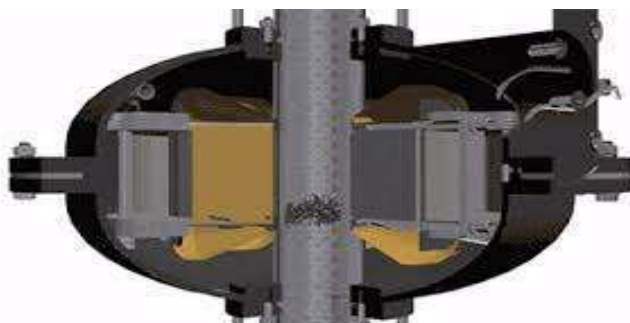


Рисунок 2.7 – Робоча камера установки з ВШФЧ

Величина магнітної індукції в апараті складала $0,11\pm 0,02\text{ Тл}$, відношення довжини до діаметра l/d феромагнітних елементів складала 8,4. Тривалість обробки складала 60 с. Маса частинок, одночасно завантажених у робочу камеру складала $50\pm 1\text{ г}$, маса суміші $150\pm 2\text{ г}$.

2.7 Загальноприйняті методи аналізу

Мікробіологічний аналіз проводився за стандартною методикою [271], яка

включала три основні етапи:

1. Посів певної кількості досліджуваного матеріалу разом з наявними в ньому мікроорганізмами на поверхню щільного поживного середовища.
2. Вирощування мікроорганізмів у термостаті за постійної температури протягом 24-48 годин.
3. Оцінка результатів посіву, включаючи підрахунок колоній мікроорганізмів та оцінку якості харчового продукту.

Усі матеріали для посіву були попередньо стерилізовані. МАФМ визначали в розрахунку на 1 см³. Для аналізу використовували м'ясопептонний агар (МПА) для підрахунку колоній бактерій та сусло-агар для грибів і дріжджів. Посів продукту здійснювали поверхневим методом: одну краплю досліджуваного матеріалу наносили на центральну частину застиглому агарового середовища, після чого стерильним шпателем рівномірно розподіляли по всій поверхні. Проби всіх матеріалів брали в стерильний посуд.

Для вимірювання окисно-відновного потенціалу використовували платиновий комбінований електрод ЕПКЛ – 03 у парі з хлорсрібним електродом ЕВЛ – 1М4. Спочатку здійснювали перевірку приладу. Для проведення вимірювань промивали електроди дистильованою водою і поміщали у підготовлений розчин, в якому необхідно виміряти ОВП. Записували показники індикатора [252].

Визначення масової частки вологи здійснювали методом висушування до постійної маси (арбітражний метод).

Спектри поглинання та оптичну щільність досліджували на спектрофотометрі UV1280 Shimadzu при довжині хвилі 200-900 нм та КФК-3 при довжині хвилі 620 нм відповідно.

Кількісне визначення хлорофілу здійснювали колориметричним методом: готували наважки із паростків масою 0,25 г та вилучали хлорофіл методом ретельного розтирання і ступці з невеликою кількістю спирту (2–3мл). Отриманий зелений розчин дуже обережно по паличці зливали через фільтр в мірну колбу на 25 мл. До розтертої маси знову додавали спирт, знову розтирали і зливали в мірну колбу. Такі дії повторювали декілька разів до повного зникнення

пігментів у сировині, що взята для наважки. Витяжку в колбі розчиняли спиртом до мітки, перемішували і порівнювали зі стандартним розчином на спектрофотометрі, визначали концентрацію хлорофілу a, b (мкг/мл) за формулою:

$$C_{a+b} = 6,10 \cdot D_{665} + 20,04 \cdot D_{649}$$

Після встановлення концентрації пігменту в екстракті, визначають його вміст у дослідному матеріалі, враховуючи об'єм витяжки і масу зразка:

$$A = C \cdot V / (P \cdot 1000), \quad (2.3)$$

де A – вміст пігменту в рослинному матеріалі в мкг/г маси сировини

C – концентрація хлорофілу, мкг/мл;

V – об'єм витяжки, в мл (25);

P – наважка рослинної сировини, г;

Антиоксидантна активність ліпідних екстрактів (АОА) була досліджена в реакції окиснення Твін-80 (полісорбат 80 – неіоногенна ПАР, поліоксиетилен – емульгатор і солюбілізатор жирів) киснем повітря [254]. Проводили фотоколориметричне визначення концентрації забарвленого в рожевий колір триметинового комплексу продуктів окиснення ліпідів з 2-тіобарбітуровою кислотою за 532 нм у контрольних і дослідних зразках (у лабораторії біохімії рослин Одеського селекційно-генетичного інституту, у лабораторії біохімії Харківського медичного університету).

Антиоксидантну активність (АОА) водних екстрактів зразків оцінювали за інтенсивністю гальмування накопичення продуктів перекисного окиснення. АОА розраховували за формулою:

$$АОА = \frac{D_k - D_{op}}{D_k} 100 \%, \quad (2.4)$$

де D_k , D_{op} – оптична щільність у контрольному та дослідному зразках, відповідно.

2.8 Обробка макроміцетів низькоінтенсивним світловим опроміненням

Обробка макроміцетів низькоінтенсивним світловим опроміненням відбувалось в установці за схемою на рис. 2.8 [272].

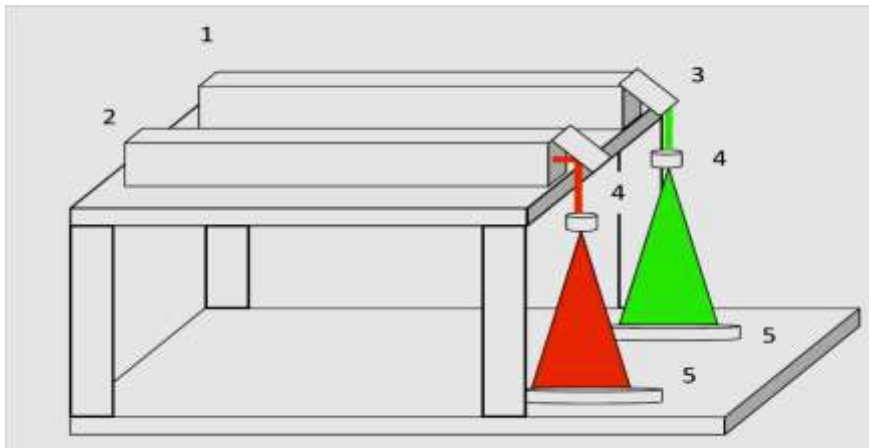


Рисунок 2.8 – Схема лазерного опромінення макроміцетів у чашках Петрі:
 1- Аргонний іонний лазер ЛГН-106М1, 2-гелій-неоновий лазер ЛГН-215,
 3 – поворотні дзеркала, 4 – лінзи-об'єктиви, 5 – чашки Петрі

Пересів маточної культури проводили на чашки Петрі ($d=90$ мм) на глюкозо-пептон-дріжджовий агар (ГПДА), г/л: глюкоза – 25,0; пептон – 3,0 дріжджовий екстракт – 2,0; KH_2PO_4 – 1,0; K_2HPO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,25; агар-агар – 20,0. Чашки Петрі з культурами інкубували за температури 26 ± 1 °С, у темряві. Після повного обростання поверхні агаризованого середовища ГПДА міцелієм гриба, вегетативний міцелій разом із агаризованим середовищем гомогенізували за допомогою приладу: Homogenizer type-302 (Варшава, Польща), з дотриманням усіх норм стерильності. Отриманим гомогенатом міцеліальної маси, у кількості 10 % за об'ємом, інокулювали колби Ерленмейєра (об'ємом 0,5 л) з рідким живильним середовищем ГПД (100 мл). Інокулювали фізіологічно активним міцелієм за методикою, розробленою для міцеліальних грибів [Bisko et al., 2020]. Далі культивували за умов струшування на качалці при 120 рух/хв, за температури 26 ± 1 °С. Співвідношення рідкої та повітряної фаз у колбах становило 1:5.

Для визначення впливу квазімонохроматичного світла як фактору впливу на біосинтетичну активність міцелію використовували установку штучного освітлення на основі матриць світловипромінювальних діодів, розроблену в Інституті фізики НАН України. Установка для опромінення посівного міцелію включала світловипромінювальну панель з матрицями світлодіодів, систему

охолодження із світловідбиваючими поверхнями, блоки живлення світлодіодів та блоки керування.

Матриця фотодіодів формувалася з 21-го потужного світлодіода на основі AlGaInN, світлодіода типу YSH-FRGBB-IA виробництва компанії China Young Sun Led Technology Ltd. Кожній діодний блок мав три світловипромінювальних мікрочіпи, які випромінюють світло з довжиною хвиль $\lambda=470$ нм (синє), $\lambda=530$ нм (зелене), та $\lambda=650$ нм (червоне). Електрична потужність кожного мікрочіпа складала 1 Вт, інтенсивність випромінювання регулювалася від нуля до максимального значення незалежно для кожного спектрального діапазону, тобто окремо для синього, зеленого та червоного світла, регулюванням сили струму через діоди. На основі вибраних світловипромінювальних діодів розрахована панель, яка є основним елементом освітлювальної системи.

Панель розміром 350×700 мм дає можливість розмістити за необхідністю колби або чашки Петрі з матеріалом для опромінення світлом з різними довжинами хвиль. На панелі вмонтовано 21 світлодіод з незалежним регулюванням потужності по кожному з трьох спектральних каналів (синьому, зеленому, червоному), блок баластних резисторів та вентилятори системи повітряного охолодження світловипромінювальних діодів. Регулювання інтенсивності світла здійснювали за допомогою виносного блоку регулювання. Блоки живлення розташовували на бічній панелі освітлювальної системи.

Колби з посівним матеріалом ємністю 0,5 л, товщина шару середовища з глибинним міцелієм – 1,0 см розташовували на скляній полиці під світлоопромінювальною панеллю. Розрахункові параметри освітлювальної системи наведено у табл.2.2.

Як джерело когерентного видимого світла на близькій довжині хвилі 488,0 нм використовували аргоновий газовий лазер. Щільність потужності лазерного випромінювання контролюють за допомогою оптичного цифрового вимірювача потужності та енергії PM-100D, Thorlabs Inc. із стандартним фотодіодним датчиком потужності S120C, робочий діапазон 400–1100 нм. Енергетична доза опромінення (світлова енергія, що падає на одиницю площі)

визначається як добуток щільності потужності та часу опромінення.

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри освітлювальної системи

Параметр	$\lambda=470$ нм	$\lambda=530$ нм	$\lambda=650$ нм
Енергія фотону, Дж $\cdot 10^{-19}$	4,3	3,8	3,2
Значення функції видності	0,06	0,8	0,3
Кількість діодів	21	21	21
Світловий потік від одного діода, лм	13	57	35
Світлова потужність діода, мВт	0,5	0,2	0,4
Сумарний потік від усіх діодів, лм	273	1197	735
Освітленість, лк(лм/м ²)	1300	5700	3500
Інтенсивність світла на поверхні, Вт/м ²	32	10	17
Густина потоку фотонів, фотон/м ² с	7,4E+19	2,7E+19	5,4E+19
Густина потоку фотонів, мкЕс/м ² с	122	45	90

У всіх варіантах дослідів обирають умови рівних енергетичних доз світлових впливів на вегетативний міцелій макроміцетів, так щоб для всіх джерел світла щільність енергії на поверхні зразка була однаковою і складала у наших дослідах 240 мДж/см². Опромінення проводять в безперервному режимі.

Неопромінений (контроль) і опромінений міцелій використовували при дослідженні впливу світла на ріст та біосинтетичну активність.

При виборі однакових енергетичних умов опромінення зразків світлом ми виходили з того, що за відсутності встановлених та загальноприйнятих механізмів дії низькоінтенсивного випромінювання на міцелій грибів уявлялося обґрунтованим зосередитись на визначенні якісних відмінностей впливу на них рівних доз енергії випромінювання різного спектрального складу та часових характеристик.

Після опромінення міцелій розсівали у кількості 10% за об'ємом у колби Ерленмейера ємністю 0,5 л, що містять 100 мл рідкого середовища ГПД для подальшого культивування в умовах глибинної культури.

Біомасу міцелію відокремлювали від культуральної рідини, що отримували за умов глибинного культивування by filtration through Whatman No.1 filter paper. Міцелій висушували до постійної ваги у сухоповітряному термостаті TCO-80 MICROmed (Shanghai Youding International Yrade Co., LTD) за температури $60.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$. Кількість сухої біомаси розраховували в г/л з

урахуванням маси інокулуюму. Частину міцеліальної маси відбирали для визначення жирнокислотного профілю та ароматичних компонентів.

Готували колоїдний розчин наночастинок Ag, Fe та Mg методом електроіскрового диспергування [272]. Вносили цей колоїдний розчин в підготовлене стандартне поживне середовище у кількості 10 мкл/л поживного середовища.

2.9 Методика моделювання та статистичного аналізу

Досліди виконували в трикратній повторності. Статистичну обробку даних проводили методами описової статистики, регресійного та дисперсійного аналізу з використанням програми Statistica 10.0, TableCurve 3D. Значимість експериментальних даних оцінювали за допомогою дисперсійного аналізу. Статистично достовірними вважали результати зі значеннями $p \leq 0,05$ [273].

Table Curve 3D (розроблений Р. Брауном із AISN Software) є лінійною і нелінійною поверхнею програмного забезпечення установки пакета, що дозволяє автоматизувати процес підгонки поверхні в одну стадію обробки, займає майже 36 000 із більш ніж 450 мільйонів вбудованих рівнянь, що часто зустрічаються, та дозволяє знайти ідеальну модель для своїх 3D-даних. Після того, як було вибрано найбільш придатне рівняння, виводили функції і тестували програмні коди або створювали звіти та публікації графіків.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Складена програма досліджень з розробки ароматизованих продуктів із використанням реакцій попередників. Для вирішення поставлених завдань обґрунтовані переваги метасистемного підходу.
2. Визначені матеріали досліджень (плоди та овочі, рослинні гомогенати, макроміцети, листя, джерела ПНЖК) та методи аналізу (стандартні, розроблені – визначення КС, окремі методи – сіалометрія, тест ТБК, Z-потенціалу та ін.).
3. Описані лабораторні установки (з конвективним і мікрохвильовим нагріванням) для вилучення ароматичних компонентів у вигляді дистилятів, посиленого фізичного впливу в апараті ВА-100, LED опромінення.
4. Визначені й описані методи експериментальних досліджень числа аромату, якісних реакцій, сенсорних методів аналізу, мікробіологічних. Обґрунтовані методи оцінки та ідентифікації відновленого аромату в харчових продуктах, упроваджених у виробництво.
5. Застосовані та розроблені відповідні методики щодо дослідження взаємозв'язку між рухливістю попередників аромату, їх гідродинамічного діаметру та ефективністю процесу відновлення ароматів.

Основні результати розділу опубліковані у працях: [11, 40, 53,54, 67]

Література до розділу 2

239. Wang F. Y. The DAO to metacontrol for metasystems in metaverses: The system of parallel control systems for knowledge automation and control intelligence in CPSS. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*. 2022. 9(11). P. 1899-1908.
240. Пальчевський Б. О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навч. Посібник. Львів: Світ, 2001. 232 с.
241. Капліна Т. В. Миронов Д. А. Вплив величини магнітної індукції, розміру та маси феромагнітних частинок під час подрібнення рослинної сировини у вихровому шарі феромагнітних частинок. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2012. № 1. С. 490-495.
242. Sitapha O., et al. A Comparative Study of the Antifungal Activity of Fresh and Dried Solanum anguivi Fruits on Candida albicans and Trichophyton rubrum. *European Journal of Medicinal Plants*. 2024. 35.1. P. 26-34.
243. Bender R. J., Brecht J. K., Baldwin E. A. Aroma of mature-green and tree-ripe mangoes after refrigerated air or controlled atmosphere storage. *Ciência Rural*. 2021. 52(6). e20210062.
244. Безусов А.Т. Средницкая З.Ю., Хассан Рамадан Е.А. Выделение и очистка липазы из зародышей пшеницы. *Зерновые продукты и комбикорма*. 2007. №4. С. 11-14.
245. Scopes R. Methods of protein purification . М.: Mir, 1985. 380 с.
246. Kolomiets M. V., Chen H., Gladon R. J., Braun E. J., Hannapel D. J. A leaf lipoxygenase of potato induced specifically by pathogen infection. *Plant physiology*, 2000. 124(3). 1121-1130.
247. Арутюнян Т. В. Гладкий Ф. Ф., Данилова Л. А. Зміни ліпідного складу пшениці та супутних речовин при пророщуванні. *Вісник Національного технічного університету ХПІ*. Сер.: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2013. №. 55. С. 104-112.
248. Паламарчук В.Д. Наукові основи вирощування органічної продукції: метод. вказівки до виконання практичних робіт студентами денної та заочної форми навчання фак-ту агрономії та лісівництва галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство». Вінниця: ВНАУ, 2022. 124 с.

249. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика): Монографія / В.Д. Паламарчук, В.А. Доронін, О.М. Колісник, О.О. Алексєєв. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 392 с.
250. Dubova H. E., Sukmanov V. A., Marynin A. I., Zakharevich V. V., Voskoboynyk V. I. Studies of some aspects in the process of aroma restoration. *Food and raw materials*. 2016. Vol. 4. № 1. С. 19–26.
251. Приседський Ю. Г. Великий практикум з фізіології та біохімії рослин (біохімічні методи досліджень): навчальний посібник. Видання друге, перероблене та доповнене. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 418 с.
252. Meyers R. A. Encyclopedia of analytical chemistry: applications, theory and instrumentation. John Wiley & Sons, 2020. 2188 p.
253. Жири тваринні і рослинні та олії. Методи визначення йодного числа: ДСТУ 4569:2006. [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с. (Національний стандарт України).
254. Dijkstra A. J. Vegetable oils: composition and analysis. In: Encyclopedia of Food and Health. 2016. P. 357-364.
255. De Leon J. A. D., Borges C. R. Evaluation of oxidative stress in biological samples using the thiobarbituric acid reactive substances assay. *Journal of visualized experiments: JoVE*. 2020. (159). P. 1-22.
256. Horobin R. W. *Histochemistry: an explanatory outline of histochemistry and biophysical staining*. Elsevier, 2014. 324 p.
257. Lu W., Zhao X., Xu Z., Dong N., Zou S., Shen X., Huang J. Development of a new colorimetric assay for lipoxygenase activity. *Analytical biochemistry*. 2013. 441(2). P. 162-168.
258. Pal R., Kim K. H. Experimental choices for the determination of carbonyl compounds in air. *Journal of separation science*. 2007. 30(16). P. 2708-2718.
259. Дубова Г. Є., Овчиннікова С. О. Спосіб визначення карбонільних сполук в паровій фазі харчового продукту: пат 78188 Україна: МПК⁷ G01N 33/48; № u 201210608; заявл. 10.09.12, опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.
260. Marsili R. Sensory-directed flavor analysis /R. Marsili (ed.). CRC Press, 2006. 355 с.
261. Röck F., Barsan N., Weimar U. Electronic nose: current status and future

- trends. *Chemical reviews*, 2008. 108(2), 705-725.
262. Amerine M. A., Pangborn R. M., Roessler E. B. Principles of sensory evaluation of food. Elsevier, 2013. 612 p.
263. Дубініна А.А. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: Підручник . Київ: ВД «Професіонал», 2007. 384 с.
264. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови [Текст]: ДСТУ ISO 6658:2005. Чинний від 2006-07-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 17 с. (Національні стандарти України).
265. Сенсорний аналіз харчових продуктів: навч. посіб. / Ф.Ф. Гладкий, В.К. Тимченко, П.О. Некрасов, З.П. Федякіна, К.В. Куниця, С.М. Мольченко. Харків: Видавництво та друкарня «Технологічний Центр», 2018. 132 с.
266. Yang J., Lee J. Application of sensory descriptive analysis and consumer studies to investigate traditional and authentic foods: A review. *Foods*. 2019. 8(2). P. 54.
267. Li Z., Fang M., LaGasse M. K., Askim J. R., Suslick K. S. Colorimetric recognition of aldehydes and ketones. *Angewandte Chemie International Edition*. 2017. 56(33). P. 9860-9863.
268. Chandrasekaran S., Ramanathan S., Basak T. Microwave food processing – A review. *Food research international*. 2013. 52(1). P. 243-261.
269. Drouzas A. E., Tsami E., Saravacos G. D. Microwave/vacuum drying of model fruit gels. *Journal of Food Engineering*. 1999. №39 (2). С.117-122.
270. Радионова О.В. Осипова Л.А., Бурдо О.Г. Криоскопические условия и теплофизические свойства столовых сухих виноградных виноматериалов в процессе блочного вымораживания. *Харчова наука і технологія*. 2010. №. 3. С. 100-104.
271. Гудзь С. П., Гнатуш С. О., Білінська І. С. Мікробіологія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 360 с.
272. Lopat'ko K., Aftandiliants Y., Veklich A., Boretskij V., Taran N., Batsmanova L., Tugai T. Enrichment of colloidal solutions by nanoparticles in underwater spark discharge. *Problems of atomic science and technology*. 2015, № 1. Series: Plasma Physics. 2015. (21). p. 267-270.
273. Остапчук М.В., Станкевич Г.М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. Одеса: Друк, 2006. 313 с.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ АРОМАТІВ

Оціночні значення корисності відомостей про аромат показали, що природність ароматів є найбільш важливим споживчим чинником цієї характеристики [274]. Вплив аромату на життєві функції людини продемонстровано безліччю фактів [275], останній з яких – грифель для олівця ароматизований нанокапсулами «Ain supplio», розроблений для поліпшення розумової діяльності, підтримки тону і, зокрема, здатності до навчання, завдяки саме упізнаванню ароматам, максимально наближеним до плодів.

Комплексна дія аромату на організм людини висвітлена у багатьох наукових роботах, особливо у зв'язку з розвитком біосеміотики, використанням такого поняття як «умвельт», введеного Якобом Ікскюлем і розвинене Томасом Себеоком. Umwelt (мн. umwelten, нім. оточення, навколишній світ) означає біологічні підстави для вивчення комунікації біологічних видів (включаючи людину) [276]. Згідно з Ікскюлем, через біологічні особливості у тварин можуть бути різні умвельти, незважаючи на однакове фізичне місце існування. Крім того, фактично людина є єдиним живим видом, що не має певного умвельту. Тому для людського організму важливо, щоб не лише харчові продукти мали природний аромат, але і побутові ароматизатори були максимально наближені до них. Прогнозування поширених електронних пристроїв майбутнього показує перспективу використання капсул з концентрованими запахами природи, домашнього затишку й інших ароматів, характерних для використання в будинку й офісах.

Дослідники з Університету штату Пенсільванія висувають версію, що неандертальці зникли тому, що не могли переносити запах диму від вогню. Поліциклічні ароматичні вуглеводні під час горіння деревини (вугілля, нафтопродуктів, їжі) потрапляли на спеціальний клітинний рецептор [277]. У неандертальців структура рецепторного білка (відповідно, і послідовність

гена) була такою, що цей рецептор працював у 150–1000 разів ефективніше, ніж у пращурів сучасних людей. Тобто, під час появи молекул «диму» клітини неандертальців буквально доверху наповнювалися окиснюючими ферментами, що виробляли із вуглеводнів величезну кількість токсичних продуктів метаболізму [278]. Саме тому нами досліджені промислові ароматизатори, їх відповідність плодам та відгук організму на ароматизатори різної природи. Такі знання дозволять стверджувати про необхідність пошуку шляхів відновлення природніх свіжих ароматів у харчових продуктах.

Надання природного аромату харчовому продукту після технологічної обробки вирішується зазвичай шляхом внесення ароматизаторів. Але більш прогресивним має бути шлях повторення природніх процесів його формування під час технологічного оброблення сировини. Тобто необхідно задіяти такі компоненти сировини та забезпечити такі реакції, які б дозволили ароматизувати харчову продукцію без додаткового внесення ароматизаторів. Тому структурно-логічна схема розділу полягає у вирішенні питань, які дозволяють зрозуміти загальний механізм зміни АР під час технологічного оброблення та потенційні можливості для відновлення аромату (рис.3.1).



Рисунок 3.1– Структурно-логічна схема розділу III

3.1 Порівняння впливу технологічного оброблення рослинної сировини на аромат харчової продукції

3.1.1 Різниця перетворення ароматичних компонентів в процесах зневоднення рослинної сировини та грибів гливи

Виділення та екстрагування ароматичного комплексу рослин залежить від способу й інтенсивності теплової дії на структури сировини, що містять аромат. Найчастіше в промисловості використовують короткочасну дію за високої температури (більше 80 °С), коли відбувається інтенсивне виділення аромату з одного або декількох місць накопичень залежно від їх чутливості до температури. Механізм процесів виділення АК специфічний і має багато особливостей, тому запах кінцевого продукту відрізнятиметься за різного способу підведення тепла (об'ємного та поверхневого) до продукту.

Встановлено, що різна тепла обробка свіжого листя базиліку сприяє в кожному випадку появі особливих компонентів аромату. У зразках із попереднім заморожуванням (№ 1), конвективною (№ 2) і комбінованою обробкою в МВС (№ 3) виділені як ідентичні компоненти (евкаліптол, гептан-2-он, евгенол, фенол, 1,6-октадієн-3-ол, моно(2-етілгексил) ефір, 1,2-бензендікарбоксилова кислота), так і специфічні, властиві тільки цьому виду попередньої обробки (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Специфічні ароматичні компоненти та характеристика запаху базиліку ($p \leq 0,95$)

№	Специфічні компоненти аромату	Характеристика запаху
1	1,3,6-октатрієн, 1-гептен-6-он, 7-октен-2-ол, 2-метил-6-метилєн, уксусная кислота, гексиловий ефір, лімонєн, (E)-2-бутєнилциклопропан, 1,3,6,10-додекатєтраєн, 1,4-метанофталазин, 1-циклопєнтєн, 6,6-діметилциклоокта-2,4-диєнон	Базиліковий, ефірний, пряний
2	2-амінобензоат, 3-циклогексен-1-метанол, 4-тримєтил-, (S)-p-мент-1-єн-8-ол, октагідро-7-метіл-3-метілен-4-(1-метілетіл), 2-метіленціклопропіл	Трав'яний, сіна, специфічної гіркоти
3	1,5-гєптадієн, 1,3,6-гєптатрієн, транс-ізоборніл ацєтат, 1-нафталенол	Насичений базиліковий, свіжий, гвоздичний

Ідентичні компоненти аромату накопичуються в базиліку під час розвитку і спосіб їх вилучення на якісний склад істотно не впливає. Формування специфічних АК в листях базиліку залежить від температурного діапазону теплової обробки й способу нагрівання. При дії високих температур починають утворюватись продукти реакції Маяра (температура від 60° С і вище) і руйнуються легколеткі ефірні сполуки. Концентрація АК може збільшуватись тепловою (32 ± 5 °С) активацією певного ферментативного комплексу сировини [279]. Спосіб підведення тепла та метод теплової обробки сировини за дії температури до 60 °С впливає на загальний ароматичний профіль базиліку. У зразках з конвективною або мікрохвильовою обробкою послідовність теплової дії на різні структури, що містять ферменти та попередники аромату, відрізняється. Під час конвективного нагрівання нагрів відбувається від периферійних частин до центру, неоднорідний нагрів базиліку призводить до того, що за конвективної обробки переважає відтінок свіжого сіна серед специфічних компонентів аромату, а за мікрохвильової – приємний гвоздичний відтінок. У першому зразку із заздалегідь замороженим листям і розмороженим у мікрохвильовому полі наявність ефірних відтінків пояснюється специфічними процесами, що відбуваються після танення [280]. Під час зберігання заморожуваної сировини ненасичені, чутливі до окиснення ароматичні сполуки швидко деградують [281, 282].

Відомо, що більшість летких компонентів під час теплового нагрівання видаляється разом з водяними парами. Але існування взаємозв'язку між кількістю виділеної вологи та вмісту ароматичних компонентів в сировині та дистиляті водяної пари не досліджено. Оскільки, як показано наведеними вище дослідженнями, існує певна відмінність у складі ароматичних компонентів у МВ полі, відповідно й характер їх виділення має свої певні ознаки. Зміну концентрації вологи при обезводненні в МВС досліджували на такій сировині: листові (бадилля, листя перцю, смородини, базилік), плодові кірки (огірка, кавуна), гарбузовій м'якоті (рис. 3.2).

Виділення вологи у досліджуваних зразках відбувалось протягом 840 с рівномірно, вміст вологи у зразках зменшувався відповідно до описаних

закономірностей сушіння від початкової 86-90 % до 40 % (у середньому для плодових оболонок кавунів), до 30 % (у середньому для гарбузової м'якоті), до 20 % (у середньому для листових овочів).

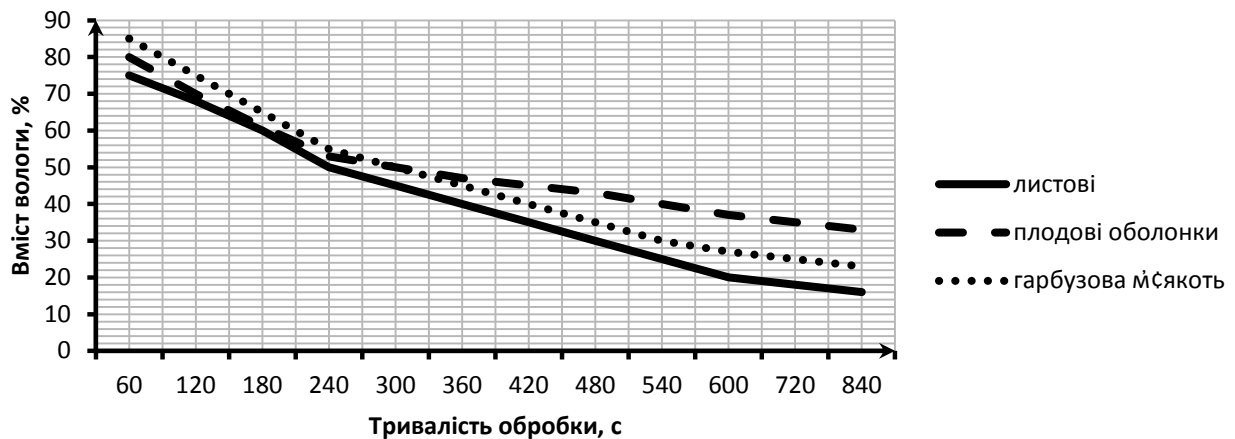


Рисунок 3.2 – Зміна концентрації вологи при обезводненні в МВС

На відміну від процесу виділення вологи, який відбувається рівномірно, вихід АК протягом дослідження мав дискретний характер. Для цього у виділеній волозі визначали вміст АК за числом аромату (рис. 3.3).

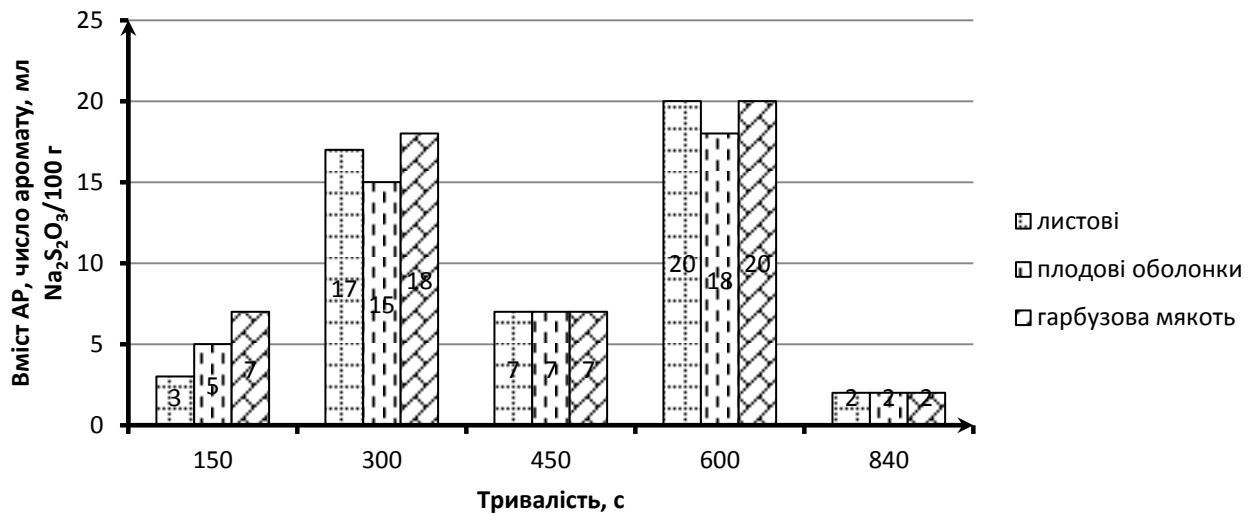


Рисунок 3.3 – Динаміка виділення АР при обезводненні в МВС

Виділення АК разом із водяною парою при обробці в МВС у конденсат відбувається дискретно. Умовно процес виділення АК під час виділення вологи у МВС поділяється на чотири основні періоди:

- виділення легколетких компонентів,
- виділення летких компонентів,

- виділення важколетких речовин,
- виділення АР, утворених з попередників.

Залежно від молекулярної ваги речовини для аналізу поділяють на групи: 1) гази (надзвичайно леткі речовини), 2) леткі речовини (volatile compounds), 3) важколеткі речовини (semi-volatile compounds). Існує складний зв'язок між наявністю специфічних конфігурацій летких органічних сполук (ЛОС) у харчових продуктах і напоях і мультисенсорним сприйняттям смаку [283].

Встановлену закономірність дискретного виділення АР можна пояснити наступним чином:

- у першому періоді обезводнення в МВ полі (перші 150 ± 20 с) під час нагрівання сировини видаляється слабозв'язана волога і, найімовірніше, гази тобто Лл (легколеткі) ароматичні компоненти. У цей період розширюються і стають менш щільними міжклітинні гази за рахунок зовнішньої дифузії, що містять легколеткі ефірні речовини, які відокремившись від сировини, сконденсувалися в холодильниках у кількості 7–10 % від загальної маси конденсату;

- у другому періоді (через 300 ± 20 с від початку), внаслідок інтенсифікації процесів внутрішньої дифузії, через цитоплазматичну мембрану вилучені альдегіди, органічні кислоти, тобто леткі речовини (Аз азеотропи), присутність яких уповільнює випаровування легколетких компонентів. Кількість конденсату другого періоду зневоднення становить у середньому 40 % від загальної кількості АК.

- у третьому періоді (через 450 ± 20 с від початку) конденсується 7–10 % ароматичних компонентів із Лл компонентами, виділеними з дрібних капілярів.

- у четвертому періоді (через 600 ± 20 с від початку) обробки, спостерігалось збільшення виходу ароматичних компонентів, утворених із неазеотропних складових. У конденсаті цього періоду (у середньому 40 % від загальної маси) спостерігались максимальне значення числа аромату, присутність Лл і Аз компонентів, підвищена стійкість конденсату.

По завершенню обробки, через 840 с, у вилучений конденсат виділяються залишки ароматичних компонентів від 4 періоду.

У процесі НВЧ-сушіння дрібних плодів процеси волого- та теплоперенесення є складними і не допускають аналітичного рішення шляхом введення обґрунтованих припущень, оскільки більшість змінних у рівняннях є функціями як координат, так і часу [284]. Підрахунок ароматичних компонентів, проведений нами, як за сировиною $AK_{\text{сировина}}$, так і за конденсатом $AK_{\text{конденсат}}$, підтверджує складність процесів виділення АК. Зафіксовано прикінцеве збільшення кількості АК, яке має вигляд наступного матеріального балансу:

$$\text{у конденсаті: } AK_{\text{конденсат}} 17,0 < 1P_5 + 2P_{16} + 3P_7 + 4P_{20};$$

$$\text{за сировиною: } AK_{\text{сировина}} 4,0 < 1P_{4,0} + 2P_{3,5} + 3P_{3,0} + 4P_{5,2},$$

де P_x – період (1, 2, 3, 4), час виділення ароматичних компонентів, відповідно 3, 7, 9, 14 хв.

X – число аромату, мг $Na_2S_2O_3/100$ г.

$AK_{\text{конденсат/сировина } x}$ – загальний вміст ароматичних компонентів у вихідній сировині та конденсаті без сушіння (конденсат отриманий методом перегонки).

Отже, дія ферментів на попередники аромату і відповідні зміни кількості АК в сировині та дистиляті в МВС починається в інтервалі 600 ± 20 с (4П – четвертий період) обробки за температури 43 ± 2 °С і розрідженні 30 кПа. Тобто, при оптимальних умовах з попередників аромату має місце новоутворення АК. До подібних висновків дійшли також дослідники, які обробляли пелюстки троянд у полі НВЧ [71]. З метою пояснення реакцій попередників нами було проведено дослідження впливу різних концентрацій АК на процес повторного продукування аромату. Під час виконання досліджень ароматичні компоненти досліджуваних плодів були класифіковані на три групи:

1. Легколеткі – **Лл** (АК виділяються при атмосферному тиску та кімнатній температурі).
2. Азеотропи – **Аз** (АК виділяються при високій температурі, підвищеному тиску та під час перегонки).
3. Нелеткі – **Нл** (АК неазеотропи, не виділяються перегонкою або ректифікацією, залишаються в сировині після обробки).

Компоненти **Лл** зосереджені переважно в клітинному соку більшості плодів і, як продукти ферментативної реакції, можуть інгібувати процес повторного утворення АК. Водночас у клітинному соку містяться речовини з антиокиснювальною активністю, які також є інгібіторами деяких ферментативних реакцій. Тому в дослідженнях на першому етапі вилучали сік баштанних плодів для отримання гомогенатів вологістю 25–30 %. У разі використання іншої сировини, наприклад, ефіровмісних трав (м'ята, кріп, базилік та ін.) для того, щоб знизити концентрацію **Лл** (ефіри, лактони, ацеталі) достатньо залишити сировину на 24-36 год (технологічна операція підв'ялення).

Дистиляти АК баштанних плодів, ефіроолійних трав отримували в установці для перегонки АК під вакуумом з регулюванням розрідження від 5 до 90 кПа. Процес перегонки АК із гомогенатів був проведений послідовно, починаючи від 90 до 5 кПа з трьома інтервалами розрідження (90-61 кПа, 60-31 кПа, 30-5 кПа), зразки дистилятів отримували після перегонки тривалістю 20 хвилин. Оцінювали зміну АК залежно від глибини розрідження і реакцій з попередниками (табл. 3.2). Символи «→ **max**», «→ **min**» використали для ілюстрації протікання процесу зі збільшенням або зменшенням АК у досліджуваній системі. Визначення **Лл**, **Аз**, **Нл** проводили органолептично за допомогою порівняння з контрольним зразком – свіжою сировиною. Переважаючу активність ферментів визначали за накопиченням кінцевих продуктів реакції – ароматів. Для застосування однакових умов перегонки у конвективній вакуумній установці видалений клітинний сік або вологу у подальшому дослідженні замінювали водою.

Встановлена наступна послідовність перетворень АК:

- перегонка у вакуумі від 90 до 60 кПа активізує переважно ліпоксигенази, що знаходяться в різних відсіках плодових клітин, що призводить до утворення та накопичення **Нл** гідро перекисів – похідних ПНЖК цитоплазматичних мембран, **Аз** залишаються невідчутними;

- перегонка у вакуумі від 60 до 30 кПа активізує ізомерази, пероксидази, що реєструється реакціями з пігментами, БАР, речовинами не ферментативної

природи і, як наслідок, сприяє повторному утворенню **Лл** компонентів (ефіри, лактони, ацеталі, кислоти). Подібні висновки наведені в роботах Тележенко Л. М. і співавторів [285];

- перегонка у вакуумі від 30 до 5 кПа продукує утворення **Аз** – альдегідів, кетонів, похідних спиртів унаслідок збільшення активності мембранозв'язаних гідропероксид ліаз і наявності **Нл** гідроперексидів – похідних ПНЖК цитоплазматичних мембран.

Таблиця 3.2 – Зміна складу АК у дистилятах баштанних плодів

Початковий склад АК у гомогенатах плодів	Глибина розрідження, кПа	Активні ферменти у загальному комплексі	Попередники аромату плодів	АК у дистилятах, сировині
Аз → max Лл → min	90-61	Ліпоксигенази	ПНЖК (C _{18:2} , C _{18:3})	Аз → min , Нл → max
Аз → min Нл → max	60-31	Ізомерази, пероксидази	Фенольні сполуки	Лл → max , Нл → min
Лл → min Нл → max	30-5	Гідропероксид ліази	9,13- гідроперекиси	Аз → max

Встановлено, що попереднє видалення **Лл** компонентів сприяє активізації певних ферментів (оксидаз) у гомогенатах свіжих баштанних плодів. Активізація ферментів сприяє реакціям повторного утворення АК із попередників. Умови кінетичної рівноваги між точками відсутності відчутного аромату в дистиляті та його повторним утворенням залежать від змін концентрації **Лл**, **Аз** у гомогенатах.

Протікання реакцій під час перегонки у вакуумі показує взаємозв'язок між процесом утворення аромату з попередників, активністю ферментів та умовами їх взаємодії. Встановлено, що зі збільшенням фізичної дії на гомогенати під час перегонки АК попередники аромату стають доступними для реакцій з ферментами плодів (ліпоксигенази, пероксидази, ізомерази, гідропероксид ліази). Оптимальні умови повторного утворення **Аз** за участю попередників аромату полягають у забезпеченні розрідження 5-30 кПа під час перегонки АК.

Аналіз процесів повторного утворення АК в умовах вакууму показовий з

погляду зміни товщини гідратної оболонки клітинної цитоплазматичної мембрани, що впливає на можливість здійснення ферментативних реакцій. Крім того, механізм діоксигенації поліненасичених жирних кислот, що каталізується ліпоксигеназою, має два різні шляхи анаеробного та аеробного окиснення. В анаеробних умовах фермент сої LOX-1 виявляє сильну соокислювальну активність у присутності ПНЖК, тоді як в аеробних умовах він не є ефективним каталізатором для реакції відбілювання [286]. В анаеробних умовах, які створені у конвективній вакуумній установці, окрім ліпоксигеназ в реакціях з попередниками аромату беруть участь інші рослинні ферменти. Вплив гіпоксії описаний для ферментів фенолоксидаз та алкогольдегідрогеназ. Останній є найбільш вивченим ферментом, що відноситься до анаеробіозу, має визначальну роль в утворенні ароматичних сполук багатьох плодів [139]. Гіпоксія відноситься до стресових чинників для рослин, тому в анаеробних умовах задіяні відповідні механізми регуляції ферментативної активності: низка ферментів, залучених до ферментативного дихання, індукується в анаеробних умовах. Слід зазначити про властивість фенолоксидаз опосередковано впливати на ароматотвірні реакції, що має місце при дослідженнях вакуумного пакування харчових продуктів.

Попереднє видалення Лл ароматичних компонентів (разом із клітинним соком) із плодових гомогенатів змінює подальшу відчутність аромату Аз. У гомогенатах зі свіжих, необроблених плодів достатньо ферментів і попередників, щоб відбувся процес повторного утворення певних ароматичних компонентів. Для цього необхідно створити певні умови (зменшити бар'єр, наприклад, товщину гідратної оболонки) для взаємодії ферментів і попередників. Такою умовою в даному дослідженні є використання розрідження. Ферменти (ліпоксигенази, ізомерази, гідропероксид ліази) та попередники аромату (ПНЖК клітинних мембран) не відносяться до ароматичних компонентів, але виробляють їх до певного значення.

Хроматограми експозиції зразків 15 хв, 20 хв, 25 хв під час розрідження доводять можливість ферментативних ароматотвірних реакцій за участю попередників в рослинній сировині (рис. 3.4). Зразки готували наступним чином:

зі свіжої сировини після подрібнення, відпресовували клітинний сок, розміщували зразок у МВС, обробляли при розрідженні 30 кПа за температури 32 ± 2 °C протягом 15 хв, 20 хв, 25 хв зразки аналізували на вміст АР.

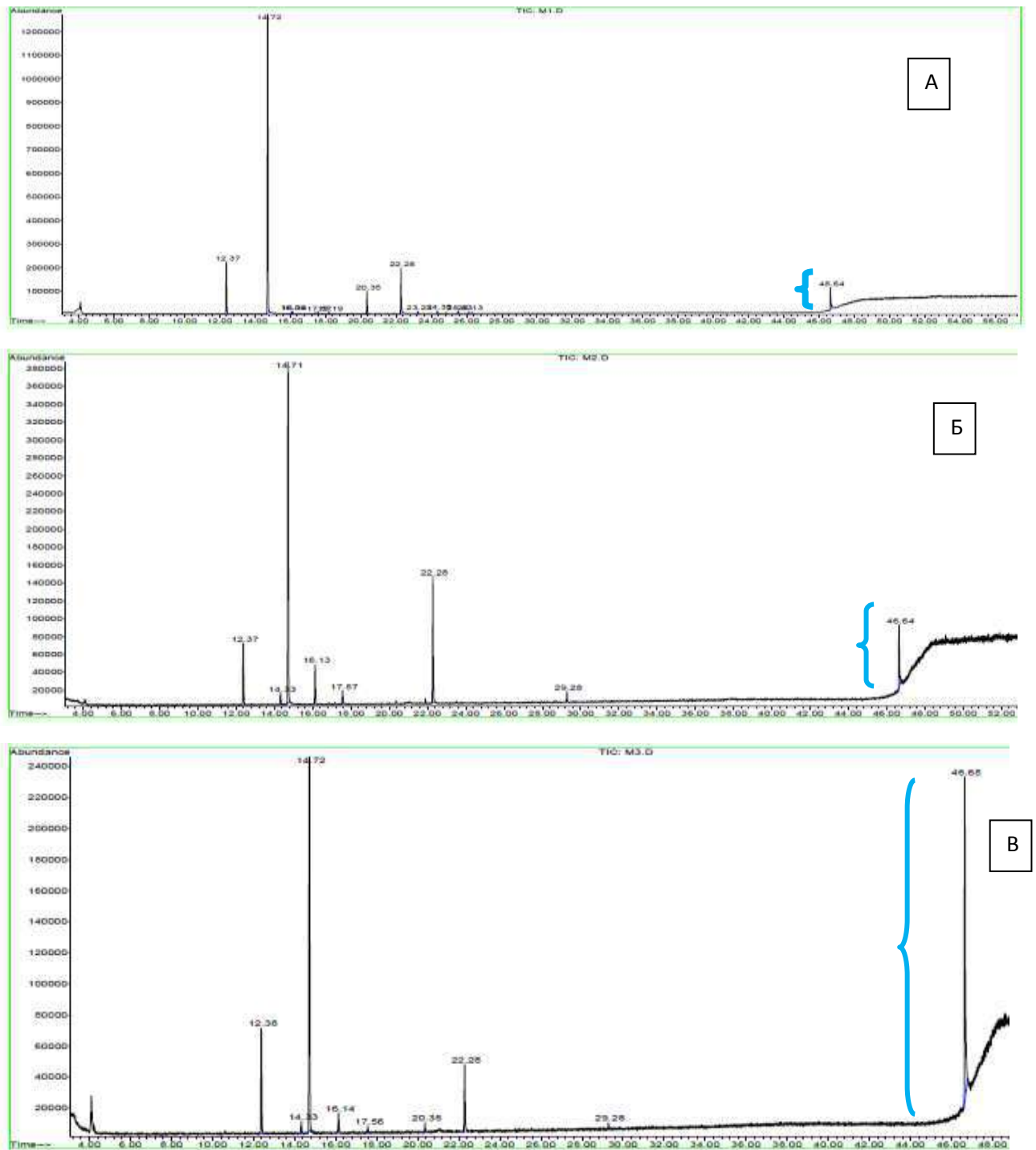


Рисунок 3.4 – Вміст ароматичних речовин в зразках, оброблених у МВС протягом 25 хв (а – 15 хв, б – 20 хв, в – 25 хв).

На рис. 3.4 позначено, що вміст ароматичних компонентів змінюється по-різному, за винятком одного компонента (пік на 46 хв утримання). Вважаємо, що

поступове збільшення однієї зі складових хроматограми свідчить про утворення ароматичного компоненту з попередників та його збільшення протягом 25 хв обробки.

Отже, встановлено, що зміна концентрації одного з компонентів **Лл** або **Аз** може призводити у свіжій сировині до протікання реакцій з повторним утворенням АК за участю попередників і клітинних ферментів свіжої сировини. Зміна **Аз** до мінімального рівня дозволяє встановити умови кінетичної рівноваги між точкою відсутності відчутного аромату та точкою їх повторного утворення. За результатами наших досліджень повторне утворення АК відбувається як результат впливу таких чинників: порушення рівноваги між **Лл**, **Аз**, **Нл**, активність ферментів, наявність попередників, відсутність інгібіторів ферментів.

Виходячи з мети досліджень, можна сформулювати два фактори керування реакціями ароматоутворення плодів: 1) попереднє вилучення клітинного соку для забезпечення доступності реакцій з попередниками; 2) застосування розрідження до 30 кПа для обробки підготовлених плодів призводить до повторних реакцій утворення аромату за природнім механізмом. Оскільки вакуумна обробка сприяє видаленню перешкод (міжклітинних газів, домішок) та покращує дисперсію субстрату, то відповідно, це допомагає ферментативним взаємодіям.

Одним із варіантів зневоднення рослинної сировини є обробка кухонною сіллю, оскільки сіль чинить осмотичний вплив і сприяє виділенню вологи. Це в свою чергу сприяє кращому контакту між попередниками аромату і ферментами, які в необробленій сировині відкремлені шаром клітинного соку або гідратною оболонкою.

Нами був використаний технологічний прийом «висолювання ліпідів» по відношенню до попередників аромату та досліджені його результати. Процес збільшення числа аромату взаємозалежний від реакцій окиснення ліпідів та їх розщеплювання. Встановлено, що посол шпику в присутності 2,0 і 3,5 % кухонної солі призводив до зниження частки продуктів вторинного окислення ліпідів. Однак, хлорид натрію в більш високих концентраціях набуває властивостей «проокислювача», ініціюючи окислення жирних кислот з

утворенням карбонільних з'єднань [80, 188]. У роботі Бюшер Р. встановлений зв'язок між присутністю NaCl і процесом утворення E, Z-2,6-нонадієналю (NDE) із попередників аромату ПНЖК [287]. Виходячи з того, що поєднання ЛН і ЛНЛ кислот збільшує формування двох альдегідів NDE ((E, Z)-2,6-нонадієналь) і NE (E-2-ноненаль), авторами було показано, що кількість цих альдегідів збільшується, коли кожен субстрат (попередник аромату) був доданий самостійно, а додавання 10 % NaCl знижує кількість NDE і NE.

У дослідженнях, проведених нами, інтенсивність виділення AP була розглянута залежно від розщеплення ліпідів кавунової оболонки в насиченому сольовому розчині (12 ± 3 %) впродовж 30 годин (рис. 3.5). Метою такого дослідження було простежити в умовах *in vitro* формування $C_6 - C_9$ альдегідів із ПНЖК оболонки кавуна. Умовна кількість речовини на шкалі ординат (%) обрана для демонстрації закономірності розпадання ліпідів і збільшення числа аромату в оболонці після 1 години витримки при кімнатній температурі.

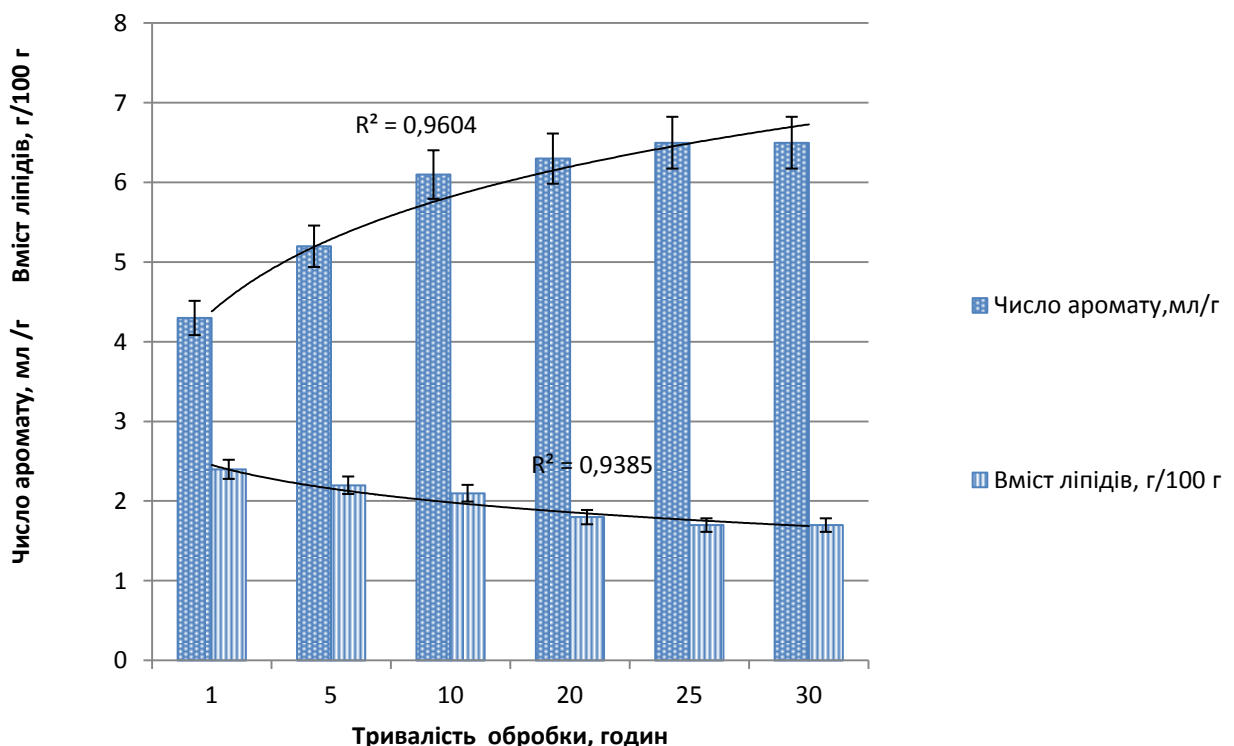


Рисунок 3.5 – Вміст ароматичних речовин та ліпідів кавунової оболонки після витримки 30 годин в сольовому розчині 12 ± 3 %

На початку досліджень нами здійснений пошук такої точки у часі, після

якої вміст ліпідів зменшується, а число аромату збільшується. Для аналізу процесу наводимо такі данні: початковий вміст ліпідів становив 2,4 мг/100 г, а число аромату складало 5 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ г, протягом обробки вміст ліпідів зменшився до 1,7 мг/100 г, число аромату збільшилось до 6,5 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ г. Процес руйнування ліпідів і формування аромату відбувався до 20 годин, після чого вміст ліпідів не зміншувався, число аромату не збільшувалось. За результатом цього дослідження можна зробити висновок, що в сольовому розчині вільні ТАГ кавунових шкірок та власні ліпоксигенази призводять до утворення насиченого кавунового аромату. Таким чином, до властивостей попередників аромату ліпідної природи рослинної сировини можна віднести протікання специфічних реакцій у присутності сольових розчинів.

Запах сирих та оброблених грибів має певні відмінності, які також є результатом взаємодії з попередниками аромату та ферментативних реакцій. Сирі гриби гливи інспектували, очищували, ополіскували водою, нарізали на пластини, відокремлювали контрольний зразок, залишок – пересипали сіллю кухонною. Витримували три доби при температурі $4\pm 2^\circ \text{C}$, зливали воду і перевіряли вміст АК (табл.3.3).

Таблиця 3.3 – Вміст АК в грибах гливи до і після засолювання ($p\leq 0,95$)

Компонент	Концентрація, мкг/мл		Зміна концентрації (+ збільшення, - зменшення)
	сирі	солоні	
C_6 (окрім гексаналю)	81,62	124,2	+ 42,58
C_7	55,33	12,24	-43,09
Оцтова кислота	1,51	-	-1,51
Гексаналь	0,0019	-	- 0,0019
Стирол	0,0092	0,011	+ 0,0018
1-октен-3-ол	0,0017	-	- 0,0017
Октанол	0,2083	-	- 0,2083
2-пентилфуран	-	0,012	+ 0,012
Всього	138,68	136,46	- 2,22

За результатами встановлено, що після засолювання збільшується вміст C_6 компонентів на 42,6 мкг/мл, а вміст C_7 компонентів зменшується на 43,1 мкг/мл; октанол, 1-октен-3-ол, оцтова кислота і гексаналь відсутні в засолених грибах, а

2-пентилфуран є новоутвореним компонентом. Для розуміння природи цих реакцій були проаналізовані зміни жирнокислотного складу зразків (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Вміст ЖК в грибах гливи до і після засолювання ($p \leq 0,95$)

Жирні кислоти	Концентрація, %		Зміна концентрації (+ збільшення, - зменшення)
	сирі	солоні	
Насичені	13,86	22,95	+9,1
Ненасичені	75,93	60,42	-15,51
Всього	89,79	83,37	-6,42

За результатами досліджень вміст насичених ЖК збільшується на 9, 1 %, ненасичених зменшується на 15, 5 %, але після соління вміст ідентифікованих кислот зменшується на 6,4 %. Разом із кількісними змінами ЖК були проаналізовані якісні зміни (табл.3.5).

Таблиця 3.5 – Якісний склад ЖК в грибах гливи до і після засолювання ($p \leq 0,95$)

	Найменування ЖК	Концентрація, %		Зміни
		сирі	солоні	
1	C 11:0 ундеканова	-	0, 069	+0, 069
2	C 12:0 лауринова	1,574	-	- 1,574
3	C 13:0 тридеканова	0,1922	0,7593	+ 0,5671
4	C 14:0 мирістінова	0,3652	0, 0353	-0,3299
5	C 14:1 миристолеїнова	0, 0666	0, 0705	+0,0039
6	C 15:0 пентадеканова	1,223	0, 0246	-1,1984
7	C 15:1 цис-10-пентадеценова	0,3247	16,69	+16,3653
8	C 16:0 пальмітинова	7,655	1,374	-6,281
9	C 16:1 пальмітолеїнова	0,879	0,5348	-0,3442
10	C 17:0 гептадеканова	2,006	2,369	+0,363
11	C 17:1 цис-10-гептадеценова	0,3698	25,70	+25,3302
12	C 18:0 стеаринова	0,5403	25,03	+24,4897
13	C 18:1 олеїнова	17,60	0,7593	-16,8407
14	C 18:2 лінолева	55,93	0,353	-55,577
15	C 18:3п6 гамма-ліноленова	-	7,676	+7,676
16	C 20:0 арахінова	0,3001	1,841	+1,5409
17	C 20:2 ейкозадієнова	0,1385	-	-0,1385
18	C 20:3п3 цис-11,14,17-ейкозатрієнова	-	0, 0627	+ 0, 0627
19	C 20:4 арахідонова	-	0,1957	+0,1957
20	C 20:5п3 цис-5,8,11,14,17-ейкозапентаєнова	-	0, 0543	+0, 0543
21	C 21:0 генейкозанова	-	0, 0288	+0, 0288
22	C 22:0 бегенова	-	0, 0307	+0, 0307
23	C 22:1 ерукова	-	0, 0199	+0, 0199
24	C 22:2 цис-13,16-докозадієнова	0,2206	-	-0,2206
25	C 24:1п9 нервонова	0,3951	0,2123	-0,1828
	Всього	89,7135	83,494	-

За результатами досліджень встановлено, що в якісному складі ЖК відбулись наступні зміни:

- утворилося вісім нових ЖК, які були відсутні в сирих зразках,
- три ЖК були присутні в сирих зразках грибів, але відсутні у солоних,
- найбільших змін зазнала ПНЖК С 18:2 лінолева – її вміст зменшився на 55,6 %,
- вміст мононенасичених ЖК С 15:1 цис-10-пентадеценової, С 17:1 цис-10-гептадеценової збільшився на 16,4 % та 25,3 % відповідно,
- серед насичених ЖК вміст С 18:0 стеаринової збільшився на 24,5 %.

Обґрунтування змін в жирнокислотному складі та ароматичних характеристиках грибів гливи полягає в ініціюванні ферментативних реакцій при використанні хлориду натрію. Виділення значної частини вологи сприяє структурно-механічним змінам, які просторово надають можливість контакту між ферментами та субстратом – лінолева кислота як субстрат зменшується на 55,6 % продукуючи збільшення вмісту С₆ компонентів на 42,6 %, вміст мононенасичених ЖК збільшується завдяки ферментативним процесам десатурації. Утворення подвійних зв'язків у залишках жирних кислот каталізують десатурази ЖК. Десатурази жирних кислот – це ферменти, що каталізують перетворення одинарного зв'язку між атомами вуглецю в ацильних ланцюгах (С-С) у подвійні зв'язки (С = С).

3.1.2 Перетворення ароматичних компонентів в процесах сатурації/десатурації

Аналіз ароматів, що утворюються в результаті перетворення попередників, зокрема вищих жирних кислот цитоплазматичних мембран, виявляє різницю, спричинену ізомерними формами ферментів та їх субстратів. Відомо, що до ПНЖК відносяться не тільки LN і LNL, а й їх похідні (LN: Октадекадієн-9,12-ова С₁₈ Δ 9,12; Октадекатрієн-6,9,12-ова С₁₈ Δ 6,9,12; Ейкозотрієн-5,8,11,14-ова С₂₀ Δ 5,8,11,14; LNL: Октадекатрієн-6,9,15-ова С₁₈ Δ 6,9,15; Октадекатетраєн-6,9,12,15-ова С₁₈ Δ 6,9,12,15; Ейкозотетраєн -8,11,14,17-ова С₂₀ Δ 8,11,14,17; Докозогексаєн-

4,7,10,13,16,19-ова $C_{22}\Delta 4,7,10,13,16,19$). Місце знаходження подвійних зв'язків у молекулі попередника – жирної кислоти може пояснити різноманіття утворення ароматичних речовин ферментативним шляхом.

Для активації десатурації мембранних ЖК достатньо знизити температуру довкілля на 10°C і через деякий час помітити зміну фізичних властивостей цитоплазматичних мембран [288]. Низькі температури у свіжозібраних плодах активізують утворення додаткових подвійних зв'язків або їх зміщення шляхом активації ферментів десатураз [289]. При стресових чинниках в останні декілька років було виявлено, що оксигеновані похідні ПНЖК звільняються з мембранних фосфо- та гліколіпідів [289].

Петля зворотного зв'язку між плинністю мембрани та транскрипцією генів десатураз жирних кислот працює через трансмембранний датчик холоду. Параметри плинності мембран є визначальними для функціонування безлічі мембранозв'язаних ферментних систем, морозостійкості рослин [290]. Холод викликає зниження плинності мембран, що може бути компенсовано десатурацією мембранних ліпідів жирних кислот десатуразами. Одним із механізмів адаптації рослин до зниження температури є збільшення ступеню ненасиченості залишків жирних кислот у клітинних мембранах. Створення додаткових подвійних зв'язків у вуглеводневій ланцюжки ліпідного подвійного шару під дією десатураз призводить до зменшення температури фазового переходу з рідкокристалічного в твердий стан і забезпечує необхідну плинність мембран за знижених температур [291]. В ізольованих плодах ферменти продовжують деякий час впливати на реакції утворення попередників аромату. Цей факт необхідно враховувати під час обґрунтування режимів зберігання плодів. Наприклад, персики краще зберігаються за температури 0°C , ніж за 5°C [292]. Автори показали, що ліноленова кислота $C18:3$ в ліпідній мембрані відіграє важливу роль під час охолодження фруктів. Чим вище рівень $C18:3$, тим сильніше зберігається плинність мембрани і плоди толерантніші до охолодження, оскільки молекулярна рухливість пропорційна абсолютній температурі у разі, якщо не відбувається фазового переходу. Зберігання плодів за

температури від 5 до 0 °C може змінити кінетику утворення ароматичних речовин. За тривалого зберігання можливе отримання небажаних ароматизуючих продуктів, накопичення менш летких елементів і поява присмаку. Наприклад, показано збільшення ліноленової кислоти в маслиновій олії у відповідь на зниження температури плодів. Δ -9 десатурази у трансгенних рослинах призводять до збільшення рівнів пальмітолеїнової, гексадієнової та лінолевої кислоти [293].

Нами був перевірений вплив перетворень у ПНЖК-попередниках на утворення нових ароматичних компонентів. Склад ЖК, їх розподіл у тригліцеридах, а також просторова конфігурація обумовлює фізичні властивості попередників ліпідної природи, такі як температура плавлення, затвердіння, щільність, в'язкість. Наприклад, температура плавлення олеїнової кислоти складає 13,4 °C або 16,3°C, лінолевої кислоти складає 5 °C, ліноленової кислоти складає 11 °C [192]. Наявність подвійного зв'язку впливає на температуру плавлення жирних кислот, а подвійні зв'язки в цис-конфігурації надають жирній кислоті зігнуту конфігурацію. Через подібні стеричні складнощі Ван-дер-Ваальсові взаємодії між ненасиченими жирними кислотами є слабкішими, що дозволяє їм зберігати рідкий стан за кімнатної температури, а їх температури плавлення і твердіння відносно низькі. У міру збільшення числа подвійних зв'язків молекула попередника стає усе більш зігнутою і це означає що властивості попередників ліпідної природи після зниження температури мають відмінності від попередників плодів до охолодження.

Дослідження відмінностей у властивостях попередників аромату до і після охолодження свіжозібраних плодів є важливим етапом в розумінні реакцій ароматотвірних ферментів. На початку нами була перевірена здатність попередників ліпідної природи гомогенатів змінювати в'язкість, внаслідок зміни складу ЖК. У дослідженнях використали такі гомогенати: свіжозібраних плодів, нагрітих водяною парою температурою 100 °C протягом 3 хв і потім охолоджених до 4 °C (комбінована обробка), а також охолоджених за температури 4 °C протягом 36 годин. Екстрагування ліпідної фракції зі зразків

гомогенатів здійснювали сумішшю хлороформ-етанол у різних співвідношеннях гомогенат : екстрагент, таких як 1 : 10, 1 : 15 і 1 : 20. Екстрагування ліпідів сумішшю проводили протягом 120 хвилин, плодовий гомогенат відфільтровували, рідку фракцію із суміші відділяли в лабораторній центрифугі за частоти 1000 хв^{-1} упродовж 10 хв. Показники в'язкості (мПа·с) ліпідної фракції гомогенатів гарбуза, кавуна, огірка, солодкого перцю мали відхилення від усередненого значення 0,4–0,5 %. Тому на рис. 3.6 показані значення в'язкості не для кожного зразка, а усереднені для гомогенатів.

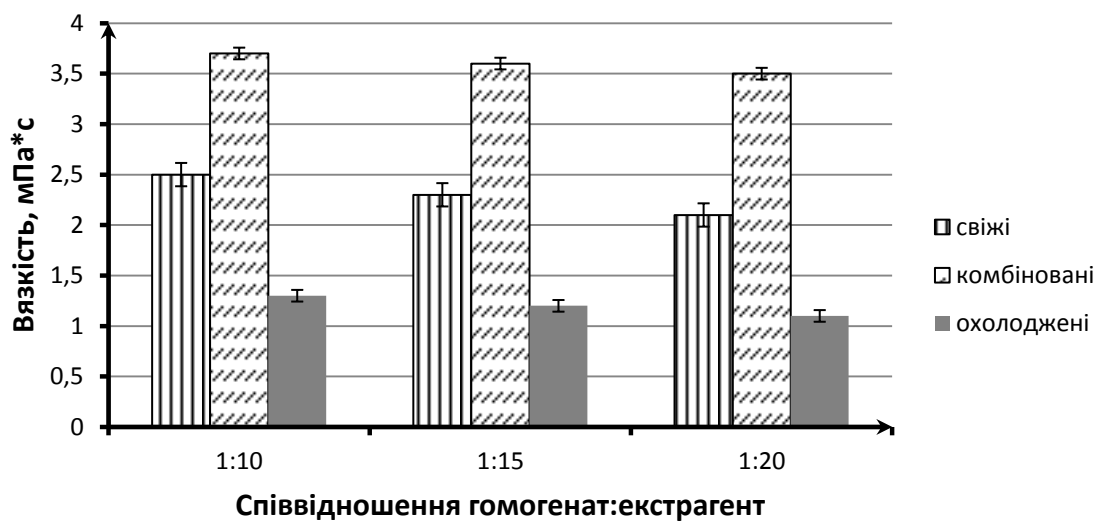


Рисунок 3.6 – В'язкість ліпідної фракції гомогенатів

Значення в'язкості гомогенатів в охолоджених зразках у середньому в 1,9 рази нижчі порівняно зі свіжими зразками, в яких, імовірно, активність десатураз мінімальна. У зразках із заздалегідь нагрітими гомогенатами в'язкість ліпідної фракції стає в 1,6 рази вищою, ніж у свіжих гомогенатах унаслідок можливого протікання реакції сатурації – перетворення ненасичених жирних кислот у насичені. Незалежно від співвідношення гомогенат : екстрагент характер зміни в'язкості мав схожі ознаки.

Зміна співвідношення гомогенат : суміш не відобразилась на загальних закономірностях зміни в'язкості. Унаслідок зміни в'язкості охолоджених зразків вважаємо, що десатурази були активовані, тому продовжили дослідження щодо зміни властивостей попередників і подальших перетворень аромату. Після

збільшення кількості подвійних зв'язків у попередниках прискорюється їх реакція з ліпоксигеназами.

Для кореляції між змінами в'язкості ліпідів сировини, високою активністю десатураз і утворенням подвійних зв'язків у попередниках сировини нами були визначені зміни йодного числа у зразках. Перекисне число в зразках не визначали, оскільки ліпоксигеназа та гідропероксид ліаза так тісно асоційовані в клітинних лізосомах, що гідроперекиси, утворені LOX, вмиль розщеплюються до альдегідів, спиртів, кислот за відомими схемами (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Механізм утворення аромату огірка [176]

Визначали зміни йодного числа в досліджуваних свіжозібраних зразках: у свіжій сировині, термічно обробленій за температури 100 °С протягом 5 хв (нагрітій), охолодженій за температури 4±1 °С протягом 36 год (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Йодне число ліпідів рослинних зразків, мг/г

Гомогенат плодів	Свіжий	Нагрітий	Охолоджений
Огірок	18,0±0,3	13,6±0,2	21,0±0,2
Перець	19,1±0,3	15,2±0,2	22,4±0,2
Кавун	16,4±0,2	12,8±0,2	18,6±0,2
Гарбуз	17,0±0,3	14,0±0,2	19,0±0,2

У результаті було встановлено, що в охолоджених гомогенатах йодне число має тенденцію до збільшення і в середньому вище, ніж у свіжих плодах, на

2,6 мг/г. Значення йодного числа в нагрітих зразках зменшується, у середньому нижче, ніж у свіжих, на 3,7 мг/г. Оскільки ендогенна LOX окиснює ліноленову кислоту удвічі швидше, ніж лінолеву з точки зору властивостей попередників нами були проведені подальші дослідження зміни йодного числа гомогенатів плодів: свіжих, після зберігання 72 години при кімнатній температурі, після охолодження за температури 4 °С протягом 72 годин (рис. 3.8).

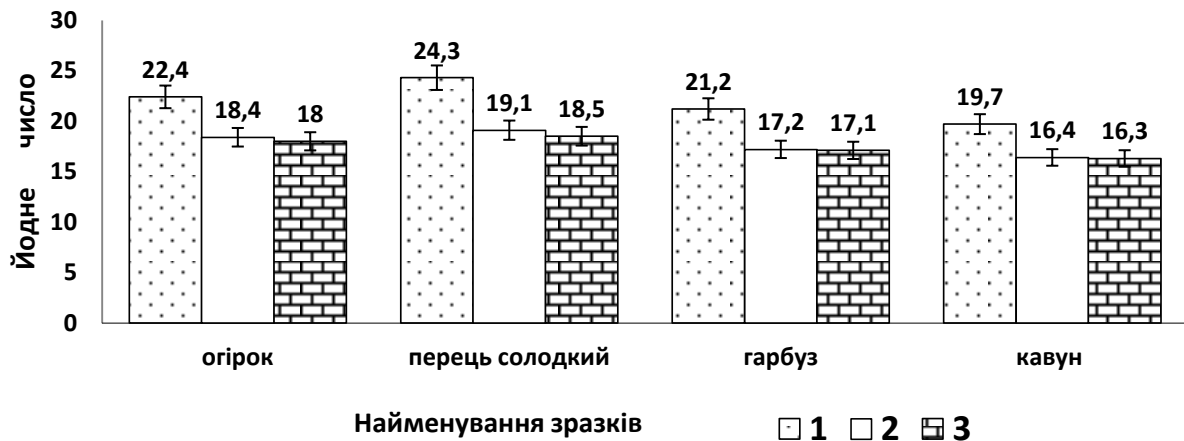


Рисунок 3.8 – Зміна йодного числа (мг/г) у ліпідах з гомогенатів плодів після охолодження (1), свіжозібраних (2), після зберігання (3)

Нами встановлено, що йодне число в дослідних зразках ліпідів з гомогенатів свіжих, після зберігання та після охолодження змінюється. Порівняно з даними табл. 3.6, йодне число ліпідів при зберіганні від 36 годин до 72 годин збільшувалось в середньому на 1,65 мг/г. При зберіганні плодів при кімнатній температурі йодне число залишається практично без змін (різниця йодного числа складає 0,3 мг/г), порівняно з свіжозібраними плодами. Збільшення йодного числа на 4,13 г у середньому для охолоджених гомогенатів, порівняно зі свіжими, вказує на появу подвійних зв'язків у ПНЖК і підтверджує посилену дію десатураз (мембранозв'язані ферменти). Холод традиційно розглядається як прооксидантний чинник, причому, як одноразова дія холоду, так і багаторазове охолодження призводять до активації процесів перекисного окиснення ліпідів зі збільшенням кількості первинних і вторинних продуктів ПОЛ [294]. Десатурази готують субстрат до дії ароматутворюючих ферментів

шляхом зміни ПНЖК, що відбивається на ароматограмах зразків з активними і неактивними десатуразами (рис. 3.9, 3.10).

Зміна профілю ароматограм плодів до і після активації десатураз показує їх вплив на ПНЖК і подальші реакції з ароматотвірними ферментами.

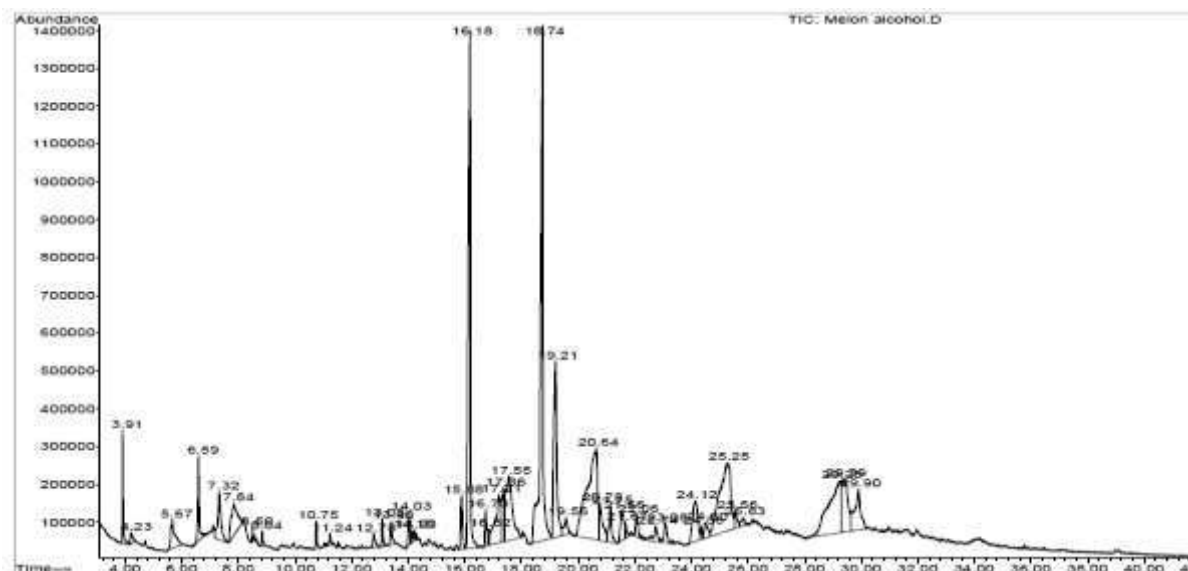


Рисунок 3.9 – Ароматограма м'якоті свіжозібраних кавунів з попередньою витримкою при позитивних низьких температурах

Кількість піків, їх площа на рис.3.9 відрізняється від представлених на рис. 3.10, де ферменти десатурази не були активовані, тобто була відсутня дія позитивних низьких температур (+1...+5°C) протягом визначеного терміну дії (36-48 годин). Серед ідентифікованих сполук (2-пропенова кислота, 2-гідроксіетіл ефір, пропан, 2-(етенілокси)-2-пропіламін, аденозин, гідроксиметил-[N-етиламіноформіл], 2-фуранметанол, пропанова кислота, 2-оксо-метил ефір, етил 3-гідрокси-3-метил бутаноат, глицеральдегід димер, S-етил етантіоат, 2-бутанон, циклогексанон, 2,4-дігідрокси-2,5-діметил-3(2H)-фуран-3-он, циклопропан карбоксамід, етиловий ефір, фуріл гідроксиметил кетон, пропаналь, 4-меркаптофенол, 1,2,3-пропантріоль, 1-ацетат); піки, що відповідають за свіжий аромат нонадіеналь, 3-гексенал, 3-ноненаль, 12-оксо-(Z)-9-додеценова кислота, 5-нонанол, що відповідають ферментативному гідролізу перекисних сполук жирних кислот.

Отже, попереднє охолодження свіжозібраних плодів і витримання їх за низьких плюсових температур $3 \pm 2^\circ \text{C}$ – важливий чинник реакцій утворення аромату із попередників ліпідної природи, оскільки зі збільшенням кількості

подвійних зв'язків у ПНЖК рослинної сировини їх реакційна здатність до відновлення та утворення ароматів збільшується.

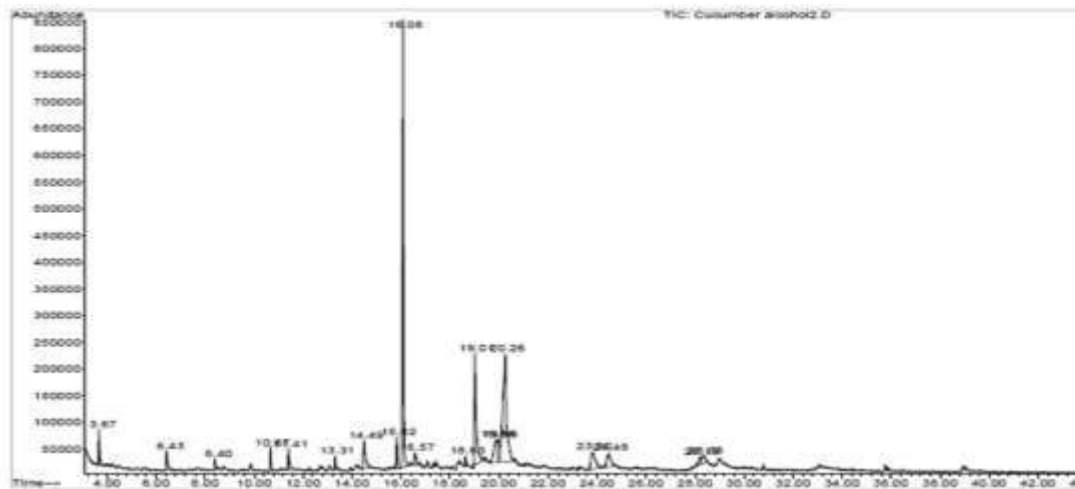


Рисунок 3.10 – Ароматограма м'якоті свіжозібраних кавунів без витримки при позитивних низьких температурах

Витримка плодів, у яких доведений ліпоксигеназний шлях утворення аромату, за низьких позитивних температур протягом 36-48 годин є фактором керування реакціями ароматоутворення.

Процеси перетворення ЖК десатуразами були дослідженні для деяких грибів [295, 296]. Підготовлені зразки грибів гливи нарізали пластинками товщиною 3 ± 1 мм, заливали олією (соняшника, лляною, мигдальною) і витримували при температурі $4 \pm 1^\circ \text{C}$ протягом 48 годин. По завершенню визначали вміст насичених та ненасичених ЖК в зразках олії, за контроль прийняли зразки олії до змішування з грибами (табл.3.7).

Таблиця 3.7 – Вміст жирних кислот в зразках олії, %

Вид ЖК	Вміст жирних кислот в олії, %					
	Соняшникова		Ляна		Мигдальна	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
Насичені	6,26±0,02	6,95±0,02	7,6±0,01	7,4±0,01	5,5±0,01	5,43±0,01
Ненасичені	92,4±0,03	92,0±0,03	91,0±0,03	91,0±0,03	93,4±±0,03	93,0±0,03
Не ідентифіковані	1,34±0,01	1,05±0,01	1,40±0,01	1,6±0,01	1,1±0,01	1,57±0,01

За результатами досліджень в умовах збільшення субстрату для ферментів сатураз-десатураз в зразках з олією соняшника збільшується вміст насичених

ЖК, а лляній та мигдальній вміст насичених ЖК зменшується незначно – на 0,2 % та 0,07 % відповідно. Оскільки суттєвих змін в ЖК складі не відбулось, подальші дослідження не проводились. Процеси сатурації-десатурації ЖК більшим чином мають місце під час культивування і практично не впливають на зміни ЖК олій під час промислової переробки плодів.

3.1.3 Перетворення ароматичних компонентів в процесах варіння та при мікрохвильовому нагріванні

Група гарбузових плодів є надзвичайно перспективною для досліджень зміни ароматичних компонентів під час варіння та охолодження. Ароматичні компоненти баштанних плодів (огірків, гарбуза й кавуна) містять схожі ключові та відтіночні C₆-C₉ альдегіди, їх похідні спиртів та відрізняються особливою чутливістю до теплової дії. У зразках із цих плодів після заморожування і гідротермічної обробки ідентифіковані слідові кількості ароматичних компонентів, оскільки багато ароматичних сполук мають низькі пороги сенсорного сприйняття 1 : 10000000 та визначаються органолептично.

У дослідженнях, які були проведені з баштанними плодами, зміни ароматичних компонентів після термічної обробки не достатньо відображаються на хроматограмах внаслідок їх низької концентрації. Для встановлення відмінностей в ароматі після заморожування і гідротермічної обробки було проаналізовано м'якоть огіркову й кавунову за допомогою «електронного носа». Ароматичні речовини можуть бути віднесені до компонентів нанорозмірної області, хоча на сьогоднішній день дані про розміри молекул запаху не наводяться насамперед у зв'язку з тим, що вони мають не лінійну структуру, а утворюють певні нанокластери.

Плоди обробляли гідротермічно та заморожували з метою розуміння механізму руйнування ароматичних компонентів, впливу дії високих та низьких температур на АР і розробки загального механізму відновлення аромату на основі попередників. Виявлення ідентичних відмінностей в ароматі дозволяє розглядати гарбузові плоди як групу зі схожими реакціями руйнування аромату

та властивостями попередників.

Гідротермічну обробку здійснювали варінням підготовлених плодів у киплячій воді, після 10 хв відбирали зразки для досліджень. Заморожували зразки свіжих плодів при температурі $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, розморожували при кімнатній температурі. Пелюскові діаграми відбитків зразків кавунів, огірків наведені на рис. 3.11-3.16.

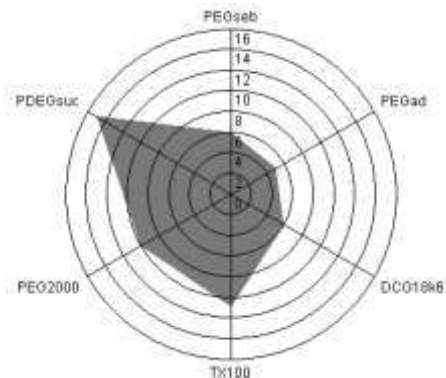


Рисунок 3.11 – Відгук сенсорів на аромат свіжої м'якоти кавуна $S = 206,11$

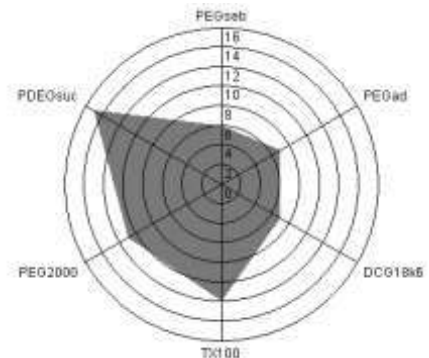


Рисунок 3.12 – Відгук сенсорів на аромат огірка свіжого $S = 243,35$

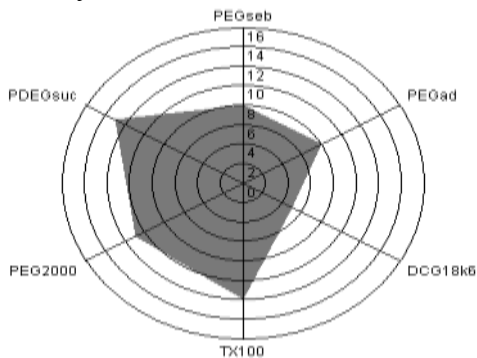


Рисунок 3.13 – Відгук сенсорів на аромат м'якоти кавуна вареної $S = 235,13$

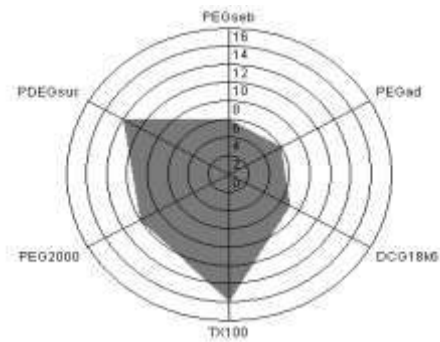


Рисунок 3.14 – Відгук сенсорів на аромат огірка вареного $S = 219,97$

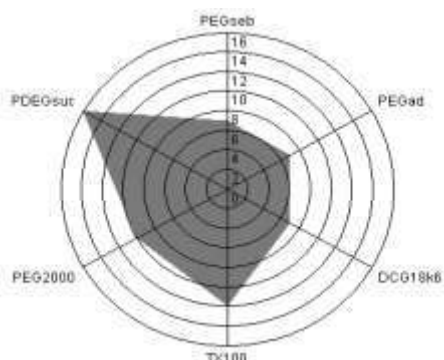


Рисунок 3.15 – Відгук сенсорів на аромат м'якоти кавуна замороженої $S = 248,55$

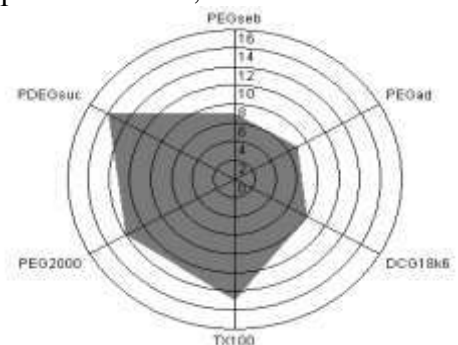


Рисунок 3.16 – Відгук сенсорів на аромат огірка замороженого $S = 273,23$

Відмінності відбитків на пелюсткових діаграмах, їх площі (Δ , $\text{Гц}\cdot\text{с}$) показують різницю в складі та концентрації ароматичних компонентів зразків.

Показник площі «візуального відбитка» визначається сумарною масою адсорбованих плівками легколетких речовин за час виміру, яка в свою чергу, пропорційна їх концентрації в рівноважній газовій фазі [297]. Площа відбитків аромату м'якоті кавуна збільшувалась від 206,11 у свіжих плодах до 248,55 у заморожених. Аналогічно, у плодах огірка площа відбитку аромату замороженого збільшилася до 273,23 порівняно із свіжим зразком 243,35. Як у кавуні, так і в огірках мінімальні зміни аромату (за формою відбитку) порівняно зі свіжою сировиною встановлені в замороженій сировині. Максимальні зміни порівняно з ароматом свіжого плоду на пелюсткових діаграмах (за формою відбитку) зареєстровані після гідротермічної обробки. Після варіння площа відбитків у зразках огірка зменшилась порівняно зі свіжим (від 243,35 до 219,97), а у кавунових – збільшилась (від 206,11 до 235,13). На радіальній вісі відмічена величина відгуків п'єзосенсорів, ΔF , Гц. Унаслідок невеликої різниці величини відгуків п'єзосенсорів, можна зробити висновок, що вміст АК після розморожування м'якоті кавуна дещо збільшується по вісі PDEG_{suc} та PEG_{seb} (рис. 3.11, рис. 3.15). Це пов'язано з активністю ферментів при охолодженні та розморожуванні. Аналіз форми відбитків кавуна та огірка свідчить, про спорідненість АК баштаних плодів. В плодах кавуна і огірка більша частина AP, яка сконцентрована на п'єзосенсорі з плівкою PDEG_{suc} – полідіетиленглікольсукцінат, зменшується при варінні, а в плодах огірка збільшується на п'єзосенсорі з плівкою TX100 тритон. Враховуючі сорбційні властивості плівок їх спорідненість до певної групи сполук, можна вважати, що зміни АК при заморожуванні і розморожуванні для баштанних плодів (огірка і кавуна) мають спільні ознаки та відмінності – при варінні. Збільшення кількості АК у кавуновій м'якоті пов'язане з певними реакціями, що відносяться до цукрово-амінічних взаємодій (вміст цукрів в м'якоті кавунів в середньому більше в 2,5-6 разів порівняно з огірком).

Основною перевагою використання мікрохвильового випромінювання є швидке проведення процесу екстракції. Нами був розроблений спосіб екстрагування амілолітичних ферментів у МВС, завдяки якому прискорюється

процес бродіння тіста. Ферменти екстрагували із пророщених зерен, використовуючи параметри обробки у МВС: вакуум – 0,3 атм., потужність – 0,1 кВт, тривалість – 2,5 години з інтервалом обробки 10 хв [298]. С.С. Джисус, Р.М. Філко довели, що ефективність мікрохвильового вакуумного сушіння ферментів, з використанням α -амілази в якості моделі, в основному залежить від потужності. Зневоднений продукт показав високу ферментативну активність і низьку активність води [299].

Результати численних досліджень показали, що мікрохвильова обробка – швидкий і надійний спосіб кількісної екстракції компонентів клітинних стінок [300]. Селективне нагрівання складових компонентів клітинних стінок під впливом мікрохвильової енергії – один із важливих чинників, що відрізняють цей вид нагрівання. Для реакцій попередників цитоплазматичної мембрани (біпрошарок ліпідів) необхідна участь мембранозв'язаних ферментів (LOX, HPL). Питома теплоємність попередників нижча, ніж теплоємність води, тому ліпідний шар цитоплазматичної мембрани нагрівається в мікрохвильовій печі, швидше за воду, що є дуже важливим у гідрофобно-гідрофільних реакціях попередників. НВЧ-екстракція без розчинників (SFME) є предметом багатьох досліджень. Для даної роботи нами розглянутий аспект саме зміни свіжого зеленого запаху в листовій сировині під час різних комбінацій SFME та у порівнянні з іншими способами. М. Е. Lucchesi зі співавторами встановлено, що SFME метод дає ефірну олію з більшою кількістю цінніших окиснених сполук [301]. AP базилику, садової м'яти та чебрецю, що вилучались SFME протягом 30 хв, були кількісно (вихід) і якісно (ароматичний профіль) аналогічні результатам, отриманим за допомогою звичайної гідродистиляції (HD) протягом 4,5 год. Спостерігалась значно більша кількість кисневмісних сполук і менша кількість монотерпенів, вилучених за SFME порівняно з HD. Монотерпени мають меншу цінність, з точки зору вкладу в аромат ефірної олії, ніж кисневмісні сполуки, які є дуже запашними та ціннішими. Збільшення частки кисневмісних сполук у SFME ефірних олій, імовірно, пов'язане зі зменшенням теплового та гідролітичного ефектів порівняно з гідроперегонкою. Втрата деяких сполук у

SFME порівняно з HD, імовірно, пов'язана з тим, що скорочення часу екстракції і кількість води в методі SFME зменшує деградації сполук шляхом гідролізу, транс-етерифікації або окиснення і, отже, існує менше продуктів розкладання, що відмічено в аналізі цих авторів.

Ли Х. Д. зі співавторами досліджений вплив основних експлуатаційних параметрів, а саме час вилучення (30–38 хв), потужність МВ випромінювання і питома вага води, на вихід АР з листя щитовника запашного у SFME [302]. Умови переходу летких речовин у дистилат при перегонці залежать від безлічі чинників і обумовлюють їх різноманітний склад [303]. За цих міркувань нами досліджений вплив конвективної і мікрохвильової обробки на вихід АР у МВС, а саме зміну GLVs профілю та відповідні структурні зміни у сировині. Листя базилику обробляли МВ протягом 15 хв, у конвективній сушарці – також 15 хв за температури 80 °С. Зміни у мікроструктурі листя базилику досліджували за методикою, описаною у розділі 2.2.4. Обидва види теплової обробки призвели до структурних змін у листі базилику порівняно зі свіжим зразком (рис. 3.17).

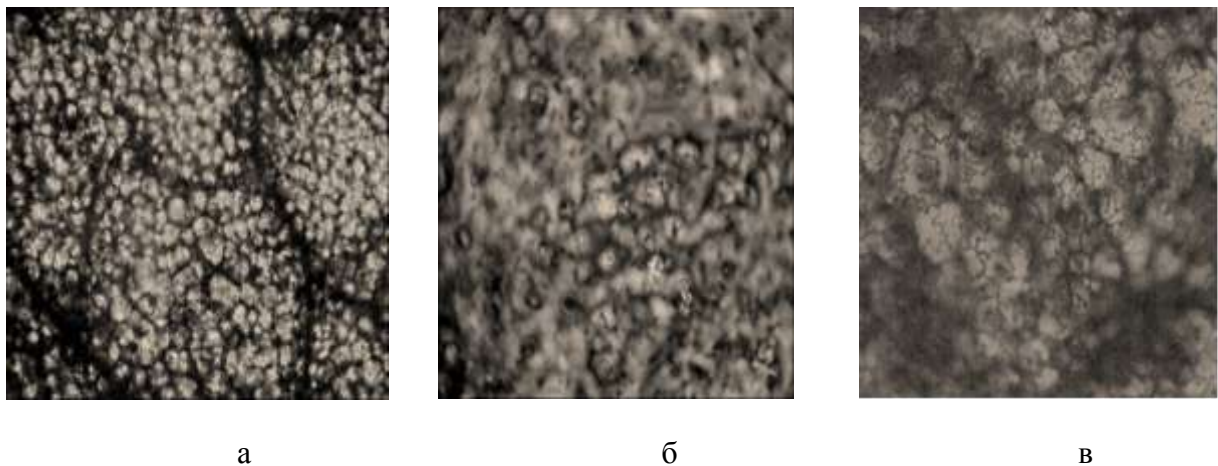


Рисунок 3.17 – Мікроструктура листя базилику: а – після мікрохвильової обробки, б – свіже листя, в – листя після конвективного висушування (збільшення x40)

Режими конвективної і мікрохвильової обробки по-різному вплинули на клітинну структуру базилику. Вплив мікрохвильової обробки призвів до значного зменшення розмірів і ущільнення клітин. За конвективної обробки зразки, навпаки, збільшилися за розмірами. Атрофічні зміни мають у зразках протилежні значення. Під час аналогічних досліджень щитовника запашного, Ли Х. Д. зі

співавторами було встановлено, що після екстракції SFME (30–38 хв) на поверхні листя виразно спостерігалась перфорація, велика частина зразка повністю зруйнована, а після екстракції HD (5 год) у зразку з'явилося тільки декілька розривів [302]. Зазначена різниця в змінах листя за МВ обробки пов'язана з початковою вологістю листя щитовника та базилика, оскільки під час підготовки листя щитовника виконувалась операція замочування протягом 1 год, а базилик використали без замочування. З цієї точки зору для цитоплазматичної мембрани, де зосереджені попередники аромату, вплив теплоємності середовища стає визначальним чинником здійснення реакцій утворення аромату.

Під час розігрівання готових до вживання продуктів у МВЧ печі спостерігається виражене виділення ароматичних компонентів. Прикладом є процес "освіжування хліба", коли в МВЧ печі хліб набуває властивостей свіжоспеченого після зберігання [304]. МВ випромінювання значно впливає на усі компоненти клітинної стінки, що доведено хімічним аналізом, УФ та ІЧ-спектроскопічними дослідженнями [305, 306].

У мікрохвильовому полі зареєстровані зміни поверхневого натягу розчинів, процеси цис-трансїзомерії [307]. Тому, аналізуючи ефективність теплового режиму (конвективного та мікрохвильового), необхідно враховувати утворення енантіомерів (молекули дзеркальної форми). Енантіомери (оптичні ізомери) мають однакові фізичні властивості (температура кипіння, тиск пари, ідентичні коливальні спектри і так далі), але різні ароматичні якості [308]. Наприклад, карвон, лімонен, 1-октен-3-ол, 3-метилтиобутаналь в різних просторових конфігураціях мають різний запах. У досліджуваних дистилятах ацеталі та складні ефіри можуть утворювати оптичні стереоізомери, оскільки мають хіральні центри (рис. 3. 18).

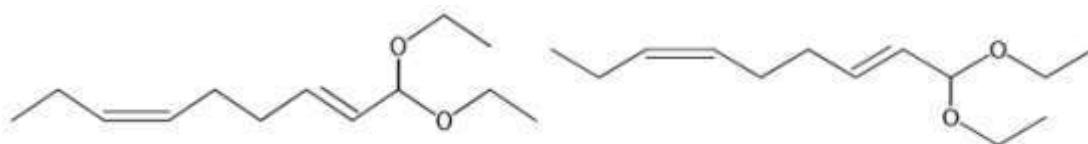


Рисунок 3.18 – Цис- і трансїзомери 2,6-нонадіеналь диетил ацетат [192]

Аналізуючи дистиляти дині та огірків, отриманих у МВС та конвективній установці, нами була зосереджена увага на різних відтинках зразків. Ароматичний

профіль дистилятів, отриманих в установці з мікрохвильовим нагріванням, відрізнявся від зразків із конвективним нагріванням суспензії (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Характеристики аромату дистилятів ($p \leq 0,95$)

Назва показників	Огірковий дистилят		Динний дистилят	
	Конвективний	Мікрохвильовий	Конвективний	Мікрохвильовий
Характеристика основного аромату	Овочевий аромат, варений тон	Свіжий огірковий аромат	Динний аромат, тон фруктового сиропу	Динний аромат, тон грушевий
Відтінки ідентифіковані (крім основного аромату)	Трав'янисті, зелені, овочеві	Свіжі, солодкого перцю, зеленої шкірки, ківі	Морквяні, фруктові, ефірні, солодкі	Ананасні, суничні, медові, бананові
Альдегіди, мг/100 г	0,035	0,084	0,026	0,028
Число аромату (сенсорне)	2,0	3,1	2,1	2,4

Продукти реакцій з попередниками й аромати, що утворюються в результаті цих реакцій, залежать від положення в жирній кислоті гідропероксидної групи й ізоформи ферментів, які змінюються під дією мікрохвильової енергії.

Продукти розщеплювання попередників ліпідної природи в плодах огірків містять подвійні зв'язки та неушкоджені пентадієнові системи. Ці системи подвійних зв'язків піддаються відриву атома водню, що призводить у результаті до утворення додаткових продуктів розкладання й інтенсивних ароматів, властивих огіркам у МВС. Для динного аромату наявність C_6 - C_9 карбонільних похідних відіграє меншу роль, ніж для огіркового, тому різниця в мікрохвильовому та конвективному нагріванні плодів мало відчутна. Під час розведення зразків характер змін залишається при об'ємному нагріванні таким же, як і при конвективному.

Ефіри й ацеталі в дистилятах впливають на плодові тони, чинять синергетичну дію, посилюють і надають особливу повноту та складність ароматам. Їх присутність сприяє поліпшенню якості дистилятів, надаючи яскравих і свіжих відтінків. Багато хімічних речовин аромату можуть існувати в одній із декількох ізомерних форм або у вигляді їх сумішей. Схожі за будовою молекули не завжди дають однакові відтінки запахів (наприклад, ванілін й

ізованілін). І навпаки, зустрічаються сполуки з однаковим запахом, але які мають різну будову молекул. Геометричні ізомери АР досліджені та систематизовані в багатьох працях [309].

Отже, селективне нагрівання під дією мікрохвильової енергії дозволяє регулювати утворення летких компонентів, що формують якість отримуваних ароматичних дистилятів. Особливість регулювання полягає у тому, що попередники ліпідної природи, структура рослинної клітини, процеси цис-транс ізомеризації сприяють відповідним реакціям утворення аромату. Дія мікрохвильової енергії на попередники аромату є фактором керування реакціями ароматоутворення рослинної сировини.

3.2 Порівняння характеристика рідких ароматизаторів промислових та лабораторних

Проблема ідентичності аромату та продуктів, маркірованих запахом певних плодів, розглядається в науковій літературі з точки зору психології, метапам'яті, валентності, нейрогастрономії та ін. Відповідно до стехіометричної теорії сприйняття аромату, взаємодія молекул запашних речовин із рецепторами визначається геометричними чинниками. Попри те, що ця теорія неоднозначно прийнята в класичних дослідженнях, вона є однією із найбільш використовуваних [310]. Наприклад, усі камфорні сполуки мають схожу округлу форму та приблизно однаковий розмір – 0,7 нм, мускусний запах характерний для дископодібних молекул 10 нм. У зв'язку з особливістю будови мембран, матеріалу виготовлення і розмірів пор при концентрації дистилятів первапорацією, як правило, виділяються частки певного розміру. Інновації і перспективи розвитку мембран із цеоліту в первапорації представлені розмірами часток 0,1–10 мкм, 1–100 нм і менше 1 нм [311, 312]. У процесі отримання рідких концентрованих ароматизаторів використовуються мембрани з розміром пор 1–100 нм. За розміром мікрочасток нами були проаналізовані в концентрованому виді та після розведення 1:10 і 1:100 кожного зразка рідкі промислові

ароматизатори фірми «GLCC Co» (кавуновий, гарбузовий, динний та ін.) (рис. 3.19, 3.20).



кавуновий



гарбузовий



динний

Рисунок 3.19 – Зразки рідких концентрованих ароматизаторів

Аналіз отриманих результатів показує, що після розведення концентрату аромату дині 1:10 розмірні характеристики змінилися у бік зменшення гідродинамічного діаметра із 4138 ± 274 нм (концентрат) до $185 \pm 2,5$ нм, при цьому індекс полідисперсності трохи збільшився із $0,220 \pm 0,057$ до $0,253 \pm 0,014$. Отримані результати важливі з точки зору подальших висновків стосовно ідентичності аромату плодам та упізнаванності, яке в подальшому має вплив на відгук організму людини на ароматизатор або продукти з його використанням.

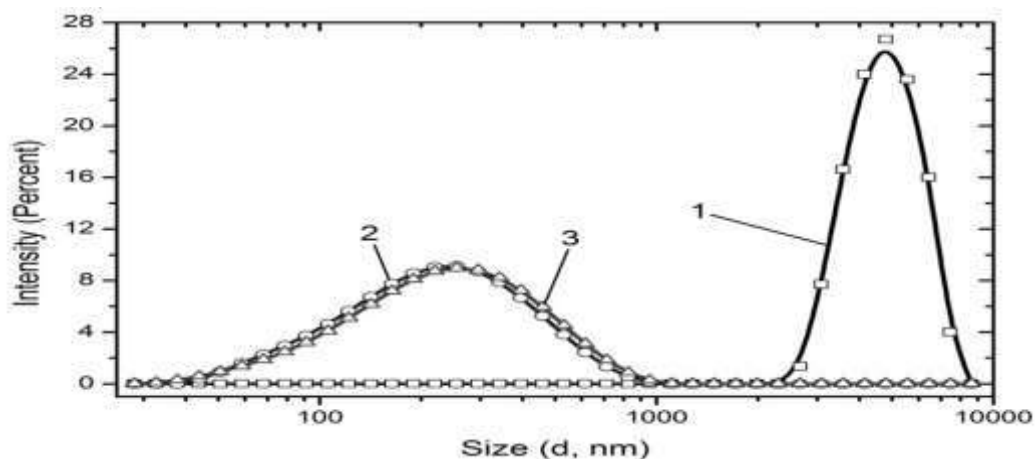


Рисунок 3.20 – Зміна розмірів часток у промислових ароматизаторах дині: 1 – концентрований; 2 – розведення 1:10; 3 – розведення 1:100

Подальше розведення 1:100 фактично не змінює гідродинамічний діаметр (196 ± 24 нм) часток ароматизатора, але при цьому спостерігається незначне

збільшення індексу полідисперсності до $0,327 \pm 0,148$, який підтверджує однорідність фракційного складу зразків. Як розчинник у рідких ароматизаторах використовують пропіленгліколь органічна сполука з формулою $C_3H_8O_2$ (добавка E1520) для зручності дозування та рівномірного розподілу малої кількості ароматичних компонентів [313]. Тому частинки ароматичних компонентів набувають первинного розміру під час розведення у воді.

Зміна гідродинамічного діаметра при розведенні 1:10 і 1:100 може бути пов'язана з наявністю у складі ароматизатора розчинника 1,2-пропіленгліколь. Очевидно, що розведення більш ніж у 100 разів не доцільне з точки зору відчутності аромату та відсутності істотних змін розмірів мікрочасток ароматизатора. Отримані дані характерні для усіх досліджуваних промислових зразків.

Проведена органолептична оцінка зразків промислових ароматизаторів, розведених у воді та свіжої сировини. Аромат кавуна, дині від ароматизаторів ідентичних натуральним фірми «GLCC Co» мав характерний насичений квітково-карамелевий запах, виражені відтінки, не характерні для плодів дині, кавуна, гарбуза, нагадують запах солодких груш, квітів. Паралельне порівняння аромату напоїв з використанням ароматизаторів за допомогою сенсорного аналізу вказує на відсутність у зразку з промисловим ароматизатором свіжих нот кавунового аромату, властивих плоду.

Серед сімейства баштанних найбільш дослідженими є аромати свіжих огірків, кавунів, дині, але гарбузам приділяється недостатньо уваги. Найбільш вражаючою особливістю летких компонентів усіх цих плодів є різноманітність і концентрація дев'ятивуглецевих карбонільні сполук (нонанол, нонаналь, різні ноненоли, нонадіеноли, ноненали та нонадіенали). Характеристика продуктів із ароматизатором гарбуза (рис. 3.21), проведена нами, свідчить про значне відхилення зразків з промисловим ароматизатором від натурального гарбузового аромату. Продукти з ароматизатором гарбуза були охарактеризовані дегустаційною комісією як карамелеві, вершкові та фруктові завдяки високій

концентрації 2-метилбутаналу, який відповідає дескрипторам «каремелль, цукерки» (додаток Б).

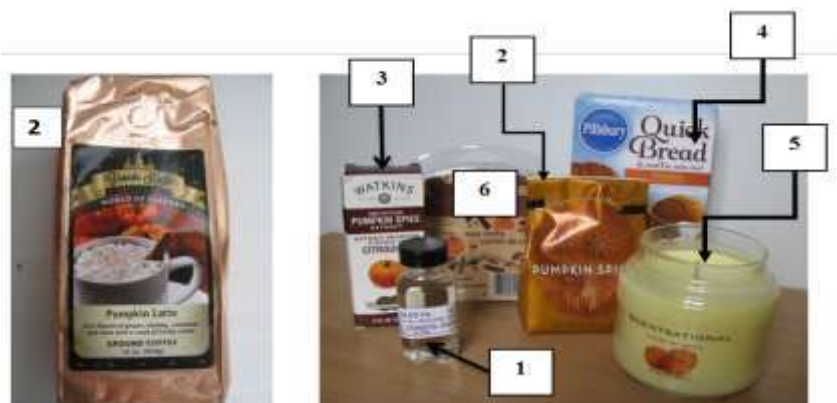


Рисунок 3.21 – Ароматизатори гарбузові: 1 – рідкий ароматизатор гарбузовий, 2 – кава з ароматом гарбуза, кава латте з гарбузової приправою, 3 – екстракт з ароматом гарбуза, 4 – кекс із ароматом гарбуза, 5 – свічка з ароматом гарбуза, 6 – кімнатний ароматизатор

Виявлення основних летких компонентів приготованого гарбуза та свіжого показало, що більшість шестивуглецевих альдегідів та спиртів в приготованому гарбузі були втрачені [314].

Найвищі бали за «фруктовий аромат» корелювали з найбільшою кількістю ефірів, що відповідають за фруктові ноти, певних солодких запахів у стиглих фруктах, таких як груші, дині [315]. Ідентифікація з плодом гарбуза не відбулася в жодному зі зразків як харчового, так і побутового призначення. Це може бути пов'язано з відсутністю ключового компонента (*Z, Z*)-3,6-нонадієн-1-ол (гарбуз, огірок свіжий). Оскільки рідкі ароматизатори вносять до великої групи харчових продуктів, питання їх якості є досить важливим. Наприклад, вченими львівського університету ім. І. Франка доведена мутагенна активність зразків натурально-ідентичних харчових ароматизаторів «Шоколад» фірм «Etol» та «Akras» і «Темний шоколад» фірми «Givaudan» [316].

Отже, проаналізовані промислові рідкі ароматизатори з кавуна, гарбуза, дині та продукти з їх використанням довели не відповідність аромату плодам. Можна констатувати, що поділ рідких ароматизаторів баштанних за початковою сировиною носить умовний характер і не відображає аромат плоду, з якого він вилучений. У складі рідких ароматизаторів містяться компоненти певних розмірів, які, будучи не ключовими ароматами, після внесення в харчовий продукт надають солодкого, фруктового тону (кава, хлібобулочні вироби, напої та ін.).

Відгук організму людини на відмінності аромату пов'язаний із процесом

саногенезу, який є динамічним комплексом захисно-присосовних механізмів фізіологічного характеру. Цей термін – один із наймолодших у фізіологічній науці. Дослідження саногенезу як процесу відновлення порушень саморегуляції організму пов'язують із використанням ароматизаторів. Орієнтуватися в океані запахів допомагає уміння їх розрізнити – нюх. Саме нюх дозволяє скласти уявлення про ту або іншу речовину без безпосереднього контакту з нею, не бачачи, не торкаючись, не пробуючи її на смак. Тому дослідження особливостей рідких ароматизаторів, що використовуються в харчовій промисловості, з точки зору відгуку організму людини є важливим питанням. При застосуванні ароматотерапії виникають зміни в підсистемі секреторного імунітету, а також в мультипараметричних взаємодіях цієї підсистеми з системою кровообігу [317]. Зазначено, що діагностичне використання слини для оцінки секреторного імунітету є перспективним.

У питаннях сприйняття аромату людиною точиться постійна дискусія, тому важливо було вивчити більш детально це питання. Багато досліджень було присвячено питанню впливу харчових добавок й інших стимулів на швидкість потоку та склад слини людини [318]. Сприйняття сенсорних атрибутів їжі як специфічних подразників вивчено щодо потоку слини привушної залози [319]. Досліджується вплив смаку та аромату жувальної гумки на швидкість виділення слини та рН [320]. Відсутні однозначні висновки про стимулюючу дію запаху ванілі заварних десертів на секреторну функцію слинних залоз [321]. Водночас запах є хімічним подразником, що, поряд із механічними та тепловими, впливає на слинні залози через симпатичні та парасимпатичні нервові волокна. Один із аспектів цього питання – вплив різних харчових ароматів на секрецію слинних залоз – вивчений недостатньо. Це пов'язано, крім інших причин, як із великим асортиментом ароматизаторів, що додаються в харчові продукти, так і зі способом їх отримання. Відсутність відповідності аромату вихідному продукту призводить до спотвореного сприйняття, порушення харчових переваг та інших сенсорних відхилень.

Шеффердом було подано огляд останніх досягнень у сфері мозкових механізмів сприйняття запаху, також висунуто кілька гіпотез для інтеграції цих механізмів в існуючі нейронні теорії, для обґрунтування складного мультисистемного механізму сприйняття аромату [1]. Серією досліджень виявлено підзони, що активуються харчовими ароматизаторами. До них відносяться орбітофронтальна кора головного мозку (OFC), парагіпокампальні звивини, передня веретеноподібна звивина, поясні звивини. Це переважно ділянки кори головного мозку, або центри, тісно пов'язані з ними. Крім того, виявлено, що асоціації з приємними продуктами харчування активізують медіальну OFC, неприємні продукти активують бічні OFC [1]. Сигнали від нюхових цибулин надходять у мозок швидше, ніж будь-які інші (рис. 3.22). Нейрофізіологи вважають, що так аромати впливають безпосередньо на людську підсвідомість. Нервовий імпульс від нюхової цибулини може піти практично в будь-який із відділів головного мозку, та заздалегідь передбачити, в який, нейрофізіологи поки не можуть. Було показано, що найбільш сприятливий відгук пов'язаний із наявністю в ароматі альдегідів.



Рисунок 3.22 – Схема сприйняття ортоназального та ретроназального сприйняття [1]

Стимуляцію слинних залоз ароматичними компонентами розглядають як ортоназальну (позаротову) та ретроназальну (внутрішньоротову). Нейронний шлях ретроназального сприйняття аромату значно складніший, ніж ортоназальний [1]. Зміна довжини шляху нейронного сигналу може бути пов'язана з різними чинниками, як наприклад, наявністю або відсутністю природного аромату свіжих плодів. Збільшення шляху нейронного сигналу можна пояснити складністю сприйняття і розпізнавання запаху. Факт збільшення

шляху нейронного сигналу, можливо, корелює зі зміною швидкості виділення слини, а саме, з її зменшенням. Дослідження реакції організму, зокрема виділення слини, на різноманітні аромати (розчини рідких промислових ароматизаторів, природний аромат плодів, продукти з натуральними ароматизаторами) має велике значення для людини.

Початок досліджень здійснювалося від імовірно більш сильного подразника, до яких ми віднесли запах свіжих плодів. Було показано, що найбільш сприятливий відгук у OFC пов'язаний з наявністю в ароматі альдегідів [322]. Значна кількість C_6 - C_9 альдегідів міститься в складі аромату групи гарбузових плодів, які були обрані в якості зразків досліджень. Усі учасники експерименту оцінили аромат свіжих плодів як «++», показник сіалометрії в середньому склав 1,25-1,45 мл/хв. У порівнянні з контрольним показником ці значення в 2,0-2,2 рази більше. Додатково необхідно зазначити, що всі учасники експерименту оцінили запах свіжих плодів як стійкий, яскравий і виразний. Швидке розпізнавання і оцінювання аромату свіжих плодів стало результатом збільшення швидкості виділення слини.

Слина виконує такі функції в організмі: гідролітичні (розщеплення вуглеводів), бактерицидну (завдяки вмісту лізоциму), захисну (розбавляє, буферує, сприяє виведенню неїстівних і шкідливих речовин), рухову (змочує і покриває слиною їжу, забезпечує ковтання). Роль секреторної функції слинних залоз є досить важливою у процесі харчування.

Наступна група подразників – 0,1%-й розчин ароматизаторів, витягнутих з плодів огірка, кавуна, дині, первапорация і вакуумною перегонкою. При використанні вакуумної перегонки в дистилят переходить максимальна кількість C_6 - C_9 альдегідів, на відміну від первапорації [94]. Раніше було показано, що умови вакуумної перегонки активують ферментативні процеси плодів, що максимально наближає виділений аромат до плодової сировини. Учасники експерименту відзначили, що рідкі ароматизатори викликають різні відчуття і асоціації, і були розділені на групи (табл. 3.9).

Аналіз даних табл. 3.9 показав, що лабораторні ароматизатори отримали більше позитивних оцінок і швидкість виділення слини (в середньому по всіх учасниках) склала 0,91 мл/хв. Показник секреторної функції слинних залоз в 1,4 рази більше контрольного значення. Швидкість виділення слини при ретроназальному сприйнятті аромату розчину промислових ароматизаторів залежала від впізнаваності і приємних асоціацій, тобто пам'яті.

Таблиця 3.9 – Зміни швидкості виділення слини при тестуванні розчину ароматизаторів

№ групи	1–4	5–6	7–8	9–10	11–12
Промислові ароматизатори					
Швидкість, мл/хв	0,95±0,63%	1,15±0,52%	0,75±1,41%	0,65±0,92%	0,5±0,88%
Оцінка аромату (+/-)	+	++	+-	-	- -
Лабораторні ароматизатори					
Швидкість, мл/хв	1,15±0,52%	0,95±0,63%	0,95±0,63%	0,75±1,4%	0,75±1,4%
Оцінка аромату (+/-)	++	+	+	+-	+-

Наведено середні значення чотирьох паралельних вимірювань з рівнем імовірності $p \leq 0,95$

Учасники, які не могли ідентифікувати аромат з певним плодом, сприймали його скоріше негативно, шукаючи характеристики. У таких умовах швидкість виділення слини помітно знижувалася і становила 0,8 мл/хв (у середньому по всіх учасниках), що більше контрольного значення в 1,23 р. Можна констатувати, що продукти з промисловими ароматизаторами сприймалися учасниками складніше, особливо через їх меншу виразність. При оцінюванні аромату «- -» швидкість виділення слини зменшувалася порівняно з контролем на 10-12 %. Розчини промислових ароматизаторів володіли вираженою «верхній» нотою і дуже слабкими «нижніми» нотами. Це пов'язано з наявністю невеликого набору ароматичних компонентів у зразках. Отже, виразність ароматизатора, наявність або відсутність природного аромату свіжих плодів у розчині ароматизатора може вплинути на шляху нейронного сигналу і, можливо, змінити його.

З метою об'єктивного розуміння процесу ретроназального сприйняття аромату були протестовані напої з використанням промислових і лабораторних

ароматизаторів (табл. 3.10). Повною мірою оцінити вплив ароматизатора на органолептичні властивості виробу можна тільки за результатами дегустації готового продукту [40]. Учасники дегустації були умовно розділені на три групи за ступенем попереднього емоційного сприйняття напоїв (1-4 добре, 5-8 нейтрально, 9-12 не сподобалось).

Таблиця 3.10 – Зміни швидкості виділення слини при тестуванні напоїв з ароматизаторами

№ групи	1–4	5–8	9–12
Промислові ароматизатори			
Швидкість, мл/хв	0,95±0,63 %	0,75±1,41 %	0,65±0,92 %
Оцінка аромату (+/-)	+	+ –	–
Лабораторні ароматизатори			
Швидкість, мл/хв	1,15±0,52 %	0,95±0,63%	0,75±1,41%
Оцінка аромату (+/-)	++	+	+ –

Наведено середні значення чотирьох паралельних вимірювань з рівнем імовірності $p \leq 0,95$

Швидкість виділення слини при тестуванні напоїв була вище рівня контрольного зразка. Для лабораторних ароматизаторів показник сіалометрії (у середньому) був вище промислових на 20 %. Швидкість виділення слини при ретроназальному сприйнятті аромату напоїв залежала від комплексу мультисенсорних відчуттів: впізнаваності, приємних асоціацій, насиченості аромату, його виразності та ін. факторів.

Отже, група натуральних ароматизаторів впливає на функціонування слинних залоз як хімічний подразник не залежно від способу їх отримання. У продукті (напої) сила роздратування аромату значно менше в порівнянні з ароматом свіжих плодів. Цей факт необхідно прийняти до уваги при ароматизації, віддаючи перевагу для цих цілей свіжим плодам. Певною мірою було встановлено, що впізнаваність і приємні асоціації є факторами, що можуть вплинути на довжину шляху нейронного сигналу і швидкість реакції (виділення слини). Збільшення шляху нейронного сигналу можна пояснити складністю сприйняття і розпізнавання запаху, його малої виразністю, відсутністю ідентифікації з певним плодом. Тому наближеність лабораторних ароматизаторів за складом до плодів спростила їх тестування, оцінювання та сприйняття. Оскільки проведене дослідження не має аналогічних, остаточні висновки можна

зробити після багаторазового ретроназального тестування різних вікових груп учасників, їх сприйняття.

Отже, показано вплив натуральних ароматизаторів на функціонування слинних залоз при ретроназальному сприйнятті. Установлено, що швидкість потоку слини найбільш виражена при ретроназальному сприйнятті свіжих плодів, у 1,8–2,0 рази більше ніж контрольні заміри. Для натуральних ароматизаторів показник сіалометрії в 1,2–1,3 рази більше ніж контрольні заміри, якщо ароматизатор відноситься до групи відомих або приємних. Наведені результати мають підтримку в галузі дослідження впливу ароматів на реакції організму людини, особливо при ознаках ксеростомії.

3.3 Механізм процесів руйнування аромату рослинної сировини

Руйнуванню аромату в харчових продуктах присвячено надзвичайно мало наукових робіт, відповідно цей термін потребує уточнення. З нашої точки зору під руйнуванням аромату слід розуміти втрату природнього аромату, який допомагає споживачу впевнено ідентифікувати його з плодом. Тобто, втрата ключових ароматичних компонентів, після якої аромат важко ідентифікувати, відображає процес руйнування аромату.

Альдегіди та кетони (КС) є основними компонентами, що визначають аромат багатьох продуктів. У промисловому використанні відомо 160 сполук альдегідів, з яких 32 є найбільш поширеними, зокрема: ацетальдегід (свіжий аромат), гексаналь (зелений, фруктовий, схожий на аромат яблучної шкірки, трав'яний), мелональ (свіжий, фруктовий, динний, огірковий), п-толілацетальдегід (аромат динної шкірки, винограду, зелений) тощо. Альдегіди формують аромати таких продуктів, як кавуни (4-оксононаналь), огірки (гексаналь, гексеналь, 2,6-нонадієналь, (Е)-2-ноненаль), дині (3,6-нонадієналь, 4-оксононаналь), малина ((Z)-3-гексеналь) і яблука (бензальдегід, гексаналь, (Е)-2-гексеналь).

Кетони представлені 184 сполуками, серед яких найчастіше використовуються 21, зокрема: 1-фенілпропан-1-он (кавуновий, вишневий

аромат), дамасценон (варені фрукти, фруктовий, ферментований аромат), α - і β -іонони. Ці сполуки визначають аромати малини, персиків, винограду сорту конкорд та яблук [34]. Альдегіди утворюються у результаті деградації фосфоліпідів і ПНЖК під дією LOX, HPL. Показано, що з накопиченням під час дозрівання попередників аромату (LN і LNL) пов'язують збільшення концентрації альдегідів у плодах під час зберігання [323]. Зважаючи на наведені вище факти, а також враховуючи, що за літературними даними у свіжих плодах баштанних культур, бананів, суниці та інших плодів група КС в ароматі є найвагомішою [197, 324, 325], нами було проведено порівняння аромату до та після кулінарної обробки.

Для з'ясування впливу КС на аромат баштанних плодів, ягід інших плодів брали 100 г огірка, банану, кавуна, дині, томатів, суниці, смородини. Відокремлювали неїстівну шкірку, подрібнювали у блендері, м'якоть банану розбавляли водою, сировину зважували. У підготовленій сировині знаходили концентрацію КС і загальний вміст ароматичних речовин у парах свіжої сировини та після гідротермічної обробки (варіння у киплячій воді, 15 хв) за розробленою методикою (розділ 2.4) для $\lambda=490$ нм (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Масова частка КС і числа аромату свіжої та обробленої сировини*

Продукт	Свіжа сировина		Сировина, оброблена гідротермічно	
	масова частка КС (C ₆ –C ₉), % на 100 г	число аромату, мг Na ₂ S ₂ O ₃ / 10 г	масова частка КС (C ₆ –C ₉), % на 100 г	число аромату, мг Na ₂ S ₂ O ₃ / 10 г
Огірок	0,075	31	0,0019	24
Банан	0,040	25	0,0004	36
Кавун	0,080	30	0,0021	30
Диня	0,070	24	0,0021	58
Томат	0,050	27	0,0110	47
Солодкий перець	0,054	20	0,0080	30
Полуниця	0,060	54	0,0500	91

Примітка: похибка не перевищує 5 %

За результатами табл. 3.11 найбільша кількість ідентифікованих летких КС міститься у свіжих огірках і кавуні, найменша – у смородині, бананах. Після гідротермічної обробки кількість карбонільних сполук зменшується в усіх зразках,

але найбільше – у баштанних плодах. Баштанні плоди разом із КС втрачають і загальне число аромату. Отже, порівняно з іншими плодами, баштанні плоди після термічної обробки втрачають загальний аромат унаслідок руйнування КС.

Зберегти ароматичні сполуки, які втрачаються при тепловій обробці, різними способами вилучення та уловлювання основних ароматичних компонентів гарбузових плодів поки що неможливо. Наприклад, способи збереження ключових альдегідів огіркового соку *E,Z*-2,6-нонадіеналь (NDE), (E)-2-ноненаль (NEA), визнані не успішними [326]. Стійкість зазначених альдегідів у дистиляті була досягнута Verheul M. J. та співавторами після уповільнення дії ферменту алкогольдегідрогенази. Ефект спостерігався не лише в уповільненні руйнування альдегідів, але і в зниженні швидкості утворення спиртів. Через відсутність економічних природних джерел отримання наодіеналей (NDE), переважно використовуються їх штучні аналоги.

За даними табл. 3.7 загальна кількість АК практично не тільки не зменшується, але й збільшується у ягодах, банані, томатах, внаслідок утворення нових АК. Підвищення числа аромату в ягодах і бананах пояснюється іншими механізмами утворення аромату, в яких реакції з ПНЖК є другорядними. Терпени, фенілпропаноїди (бензеноїди) є попередниками певної групи ЛР (складні ефіри, глікозидні похідні, феноли і їх ефіри та ін.), що не руйнуються під час термічної обробки, а концентруються внаслідок випаровування води з плодів.

Для свіжих плодів томату КС є визначальними, тоді як у термооброблених плодах основним ароматичним компонентом є диметилсульфід і його концентрація збільшується у міру збільшення кількості випарованої води від 1,6 до 10,9 мг/кг [34]. Для солодкого перцю, як і томатів, КС є найважливішими ароматичними сполуками – похідними ПНЖК плодів [327]. У процесі теплової обробки солодкого перцю значна роль належить 2-метокси-3-ізобутил-піразину й алкалоїду капсаїцину [328].

Зазвичай кількісний склад КС в ароматі харчових продуктів визначають за допомогою газової хроматографії. Але після обробки баштанних плодів (варіння у киплячій воді, 15 хв) була відсутня можливість застосовувати

хроматографічний метод аналізу, внаслідок низької концентрації ароматичних сполук у зразках баштанних плодів. Після руйнування ключових компонентів у баштанних плодах ароматичні компоненти представлені однотипною групою. Специфічний овочевий аромат у термооброблених продуктах може належати ацетоїну (ацетилметилкарбінол, 3-гідрокси-2-бутанон) [329].

Свіжа кавунова, огіркова, динна, гарбузова м'якоть залишається ароматною впродовж обмеженого часу, а після кулінарної обробки не тільки втрачає аромат, а й набуває кабачкового запаху. Тому для зберігання і переробки кавунів, огірків, як правило, використовують способи соління і маринування, під час яких аромат утворюється за допомогою молочнокислих бактерій. Наявність великої кількості води та ніжна консистенція цих плодів утруднюють використання способу низькотемпературного зберігання і подальшої переробки. У результаті асортимент продуктів із кавуна, огірків, дини обмежений, а плоди використовуються переважно у свіжому вигляді [330-332]. Ураховуючи здатність свіжої кавунової, динної м'якоті швидко втрачати аромат, у багатьох рецептурах присутні додаткові ароматичні компоненти – пряні трави, сік цитрусових, м'ята та ін.

У плодах огірка, кавуна, гарбуза та ін. ароматичні компоненти синтезуються у переважно з ЛН і ЛНЛ кислоти за однотипною схемою. Наприклад, дослідження аромату огірка (рис. 3.13) показали, що ключовим компонентом є (E, Z)-2, 6-nonadienal (NDE), синтез якого інактивується низьким рН, нагріванням до 60 °С, відсутністю O₂ або бродінням. Р. Х. Буешер і Р. В. Буешер встановлено, що концентрація NDE була зменшена підкисленням, посилюється ліноленою кислотою і не залежить від інших ненасичених жирних кислот. Формування E-2-ноненаля було пригнічене, коли концентрація NDE була збільшена підвищенням ліноленої кислоти. NDE була нестабільною у фільтратів гомогенізованих тканин. Його стабільність була істотно поліпшена шляхом підкислення до рН 2 [333].

Проаналізовано зразки парової фази аромату на газовому хроматографі «Цвет-100» свіжої кавунової м'якоті, білої м'якоті та кавунових шкірок (рис. 3.23–3.25). Загальний вміст ароматичних речовин у білій м'якоті – 90,6 мг/кг, серед яких

найбільша концентрація C_6 – C_9 альдегідів. Вміст ароматичних речовин у червоній м'якоті – 68,7 мг/кг, у шкірці – 77 мг/кг. Альдегіди зосереджені переважно у білій м'якоті кавуна та частково – у червоній м'якоті.

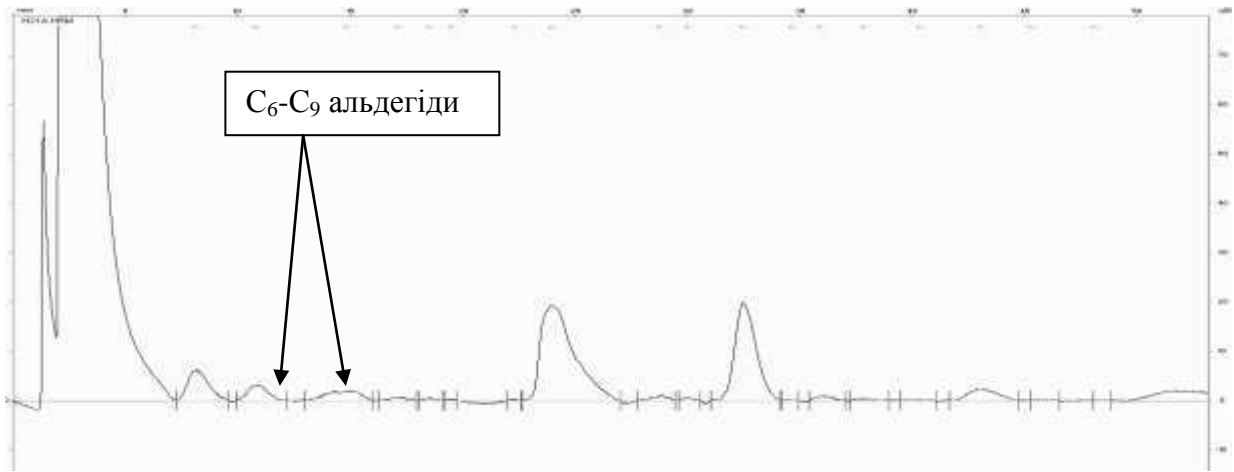


Рисунок 3.23 – Хроматограма компонентів аромату кавунових шкірок

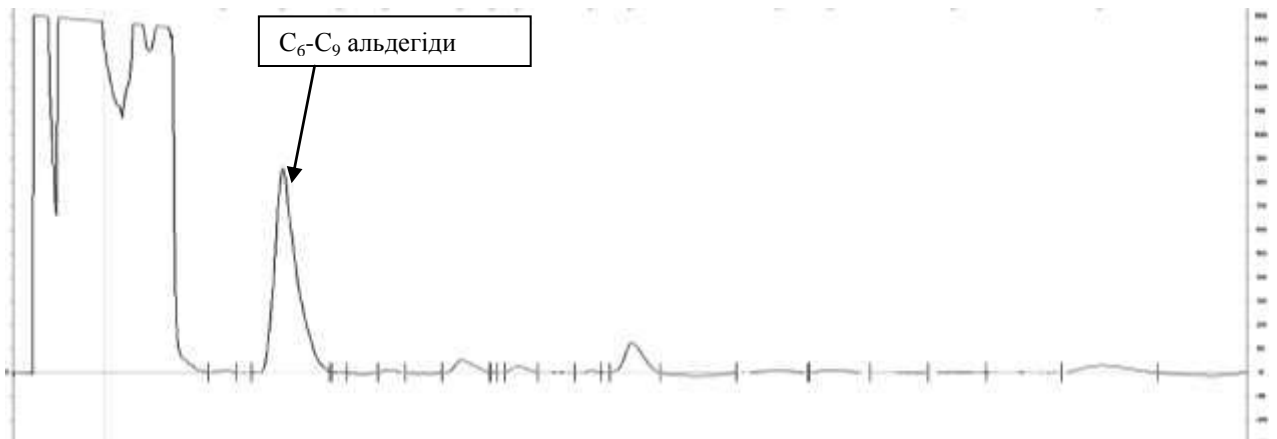


Рисунок 3.24 – Хроматограма компонентів аромату білої кавунової м'якоті

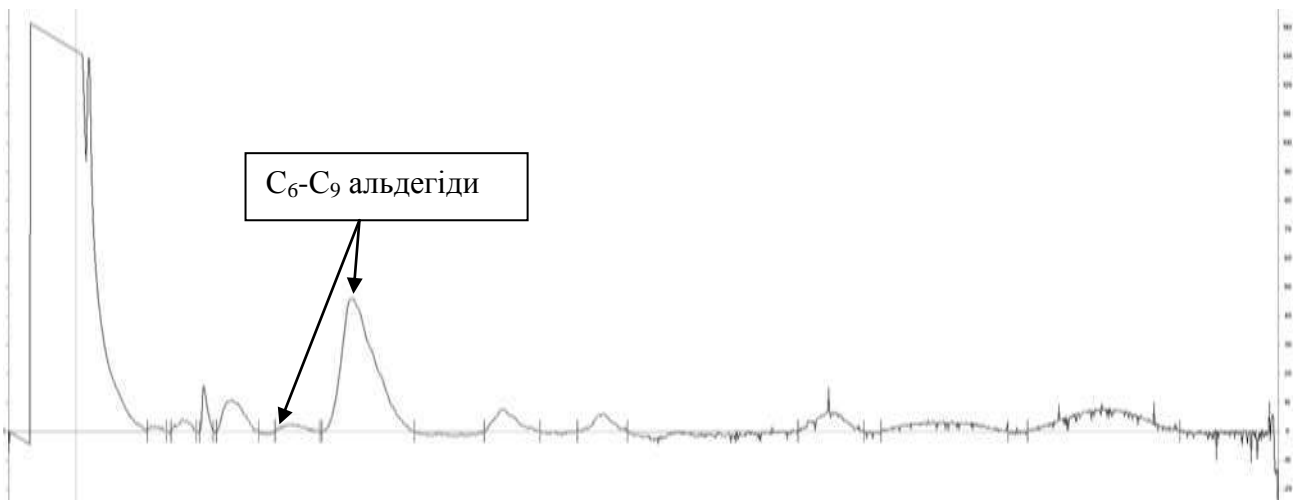


Рисунок 3.25 – Хроматограма компонентів аромату м'якоті кавуна

За свідченням фахівців ЗРГ, де проводилось впровадження результатів дослідження, кожний заклад намагається знизити частку сировинних відходів. Використання кавунової м'якоті зазвичай розглядається в технології варіння цукатів, але на цукати припадає невеликий відсоток виробництва внаслідок його високої собівартості. Баштанні чи гарбузові продукти є перспективними з точки зору розвитку технологій їх переробки зі збереженням початкових смакових якостей [334-336]. Саме тому зміни їх АК потребують подальшого дослідження для збагачення органолептичного профілю готових харчових продуктів.

Зміни КС у свіжому кавуні показані вище, але загальна оцінка термооброблених кавунових компонентів остаточно не досліджена. Тому для дослідження зміни летких сполук не тільки карбонільного походження обрали різні складові продукти кавуна (шкірку разом із білою м'якоттю, сік, м'якоть червону). Сік відокремлювали від червоної м'якоті центрифугуванням протягом 20 хв. Порівнювали вміст АР (рис. 3.26) у свіжих зразках і після нагрівання за 100 °С протягом 1 години.



Рисунок 3.26 – Загальний вміст АР у кавунових продуктах

Із рис. 3.26 можна зробити висновок, що АР у кавуновій м'якоті в 3,2 рази менше порівняно зі шкіркою і в 2,4 рази менше – порівняно із соком. Після термообробки продуктів кавуна в шкірці та соку кількість АР після нагрівання зменшується в 1,5–2 рази. Звертає особливу увагу той факт, що у кавуновій м'якоті після термообробки утворюються нові групи летких сполук, які відрізняються від

приємного кавунового, набуваючи овочевого «вареного» тону, притаманного всім баштаним плодам після варіння.

Зареєстровані зміни руйнування аромату кавунової м'якоті ми пояснюємо в першу чергу специфікою протікання реакції Майяра. Формування запаху в огірках і баштаних плодах після руйнування основних компонентів аромату (КС) може проходити в результаті загальновизнаних взаємодій (інверсія сахарози, кислотний гідроліз, реакція Майяра). Огірки та баштанні плоди мають схожий хімічний склад: цукрів у середньому – 2–11 %, білків – до 1 % (окрім дині – 2 мг/100 г), огірок і гарбуз не містять флавоноїдів або містять незначну їх кількість (залежно від сорту – до 1 мг/100 г по рутину), рН близьке до нейтрального. Кабачкові овочі поділяють на дві групи: з високим вмістом води та низьким цукрів (огірки, гарбуз) і середнім вмістом води та високим цукрів (кавуні, дині). Переважаючими цукрами у динь є сахароза, у кавунів – фруктоза, в огірків – глюкоза та фруктоза [336-338].

Під час термічного розщеплювання фруктози утворюється майже 12 ідентичних сполук незалежно від умов розщеплювання. У лужному середовищі утворюються кетони (1-гідроксибутанон-2, гептадіон-2,5 і 3,4-диметил-2-гідроксиметилциклопентен-2-он-1), що мають карамелевий запах, який є ключовим компонентом баштаних після тривалого (більше 1–2 годин) уварювання. Більш вираженим є аромат, сформований із амінокислот і цукрів – реакція Майяра за циклом Амадори, а також обумовлює схожість кінцевих продуктів аромату після нагрівання. На першій стадії альдопохідні цукрів перетворюються в кетозу, на цій стадії не утворюються ароматичні речовини. Після перегрупування Амадори можуть утворюватися похідні фруктози [339].

Основні сполуки аромату в цьому випадку – це результат другої стадії реакції Майяра (до початку утворення темнозбарвлених продуктів), що відбувається за другим напрямом, який полягає в тому, що 1-аміно-1-дезоксид-2-кетоза зазнає незворотну енолізацію у позиції 2–3 й елімінує амін від C₁ з утворенням проміжного метилдикарбонільного з'єднання, яке надалі розпадається на C-метилальдегіди, кетоальдегіди, дикарбонільні з'єднання й

редуктони (1,2-ендіоли) [340]. Сполуки типу 2-фурилальдегідів мають певний аромат. Цей етап пов'язують з утворенням великого числа летких речовин, що містять як гетероатом N, O, S. Для подальших досліджень встановлені факти руйнування свіжого аромату термооброблених баштанних плодів та накопичення продуктів реакції Майяра є досить вагомими, дозволяють відокремити напрям подальших досліджень. Аргументація вибору рослинних об'єктів для відновлення аромату полягає у визначенні які саме сполуки можуть бути відновленими. Нами встановлено, що концентрація КС зменшується після теплової обробки.

Нами проведені дослідження, які підтверджують, що продукти реакції Майяра впливають на альдегіди групи C₆-C₉, інші карбонільні сполуки в м'якоті баштанних плодів особливим чином, порівняно з іншими плодами та ягодами. Вірогідно, що частка КС знаходиться у зв'язаному стані з продуктами реакції Майяра. В такому разі необхідно знайти шляхи вивільнення КС для відновлення втраченого аромату. З цією метою до термооброблених зразків вносили перекис водню 5 % (як відновника), розчин перманганату калію 2 % (як окиснювач) у співвідношенні 1:0,5 (зразок:розчин). Визначали концентрацію КС у паровій фазі та зміни аромату зразків (табл. 3.12). Контрольний зразок – сировина, оброблена гідротермічно (ГТ).

Таблиця 3.12 – Масова частка КС свіжої та обробленої сировини

Продукт	Масова частка КС (C ₆ -C ₉), % на 100 г			
	Свіжа сировина	ГТ	Зразки з H ₂ O ₂	Зразки з KMnO ₄
Огірок	0,075	0,0019	0,0047	0,0014
Кавун	0,080	0,0021	0,0037	0,0012
Диня	0,070	0,0021	0,0042	0,0011
Томат	0,050	0,0110	0,0260	0,0065
Солодкий перець	0,054	0,0080	0,020	0,0080
Кабачок	0,030	0,0017	0,0034	0,0012
Гарбуз	0,042	0,020	0,020	0,0010

Аромат зразків, в яких підвищувалось значення концентрації КС у паровій фазі, був наближений до свіжої сировини. Усі зразки, окрім гарбуза, з перекисом

водню 6 %, відновили свіжий втрачений аромат, при цьому концентрація КС збільшилась у 2,5-2,7 рази. З розчином перманганату калію, навпаки концентрація КС зменшилась у середньому в 1,3 рази. При цьому аромат зразків ще більше набував вареного тону, змінювався подібно до аромату вареної картоплі. Отже, зміна аромату у термообробленій сировині пов'язана із реакціями КС з продуктами реакції Майяра. Подібні висновки наведені в роботі Williams, J. C. *Chemical and non enzymic changes in intermediate moisture foods (Intermediate moisture foods 1976)*., де зазначено, що продукти реакції Майяра знижували ступінь поглинання кисню та утворення перекисних сполук з похідних LN. Пояснення полягає в тому, що 1,2-енеаміноли, поєднуючись з перекисними сполуками або вільними радикалами, уповільнюють окислювальні процеси.

Отже, руйнування свіжого аромату пов'язане з втратою карбонільних сполук, а саме C_6 - C_9 альдегідів, у гарбузових плодах після термообробки. Утворення продуктів реакції Майяра після термообробки надає їм специфічного вареного тону, який однаково притаманний огіркам, кавунам, дині, гарбузам, кабачкам. Вивільнення зв'язаних карбонільних сполук призводить до відновлення втраченого аромату та покращує органолептичний профіль гарбузових плодів після термообробки.

3.4 Загальні закономірності продукування ароматичних речовин з попередників

*3.4.1 Реакції попередників аромату в умовах *in vitro* на модельних системах*

Як правило, ароматні сполуки з попередників аромату ліпідної природи утворюються шляхом ферментативних каталізованих процесів деградації. За основу реакцій попередників аромату в умовах *in vitro* на модельних системах прийнятий механізм утворення GLV у природному середовищі. Необхідні ферменти LOXs/HPLs широко розповсюджені в рослинах: томатних листях і плодах, гороху, огірках, плодах болгарського перцю, мигдалі, бобах сої, маш.

використання доступних джерел ароматоутворюючих ферментів для попередників аромату розглянуті нами за двох умов:

перша – достатня активність ферментів бобів для утворення аромату GLV профілю;

друга – утворення різних за хімічним складом або ізомерними формами AP при нагріванні на пробудженому насінні.

Для розроблення технології утворення природних ароматизаторів з високим виходом GLV компонентів з імітацією природних умов їх формування. Були використані підготовлені боби нуту, маш, сої, гороху, як відомих джерел комплексу LOXs/HPLs. Підготовка бобів полягала у наступному: виконанні початкових операцій (боби промивають, інспектують, видаляють неїстівні частини), замочуванні у воді протягом 24-36 годин, при температурі води 4-16°C, співвідношенні боби:вода від 1:7 до 1:10 (після максимального набрякання бобів та збільшенні у об'ємі, зайву воду зливають), їх наступному подрібненні до розмірів частинок $3,5 \pm 1$ мм. Джерелом попередників ліпідної природи використане тонкоподрібнене насіння льону з вмістом ВНЖК 35 % та 70 % вільні ВНЖК «Біоїл». Змішували підготовлені боби та тонкоподрібнене насіння льону у водному середовищі у співвідношенні 1:0,5, боби та ВНЖК «Біоїл» - 1:0,1. Оцінювали утворення GLV компонентів за 20 бальною шкалою, де 20 балам відповідав аромат «насичений, свіжоскошеної зеленої трави та подрібненого листя». Кількість балів та ознаки зменшення наведені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Оцінка аромату в модельних системах

Джерела рослинних ферментів	Джерела попередників	
	насіння льону	вільні ВНЖК «Біоїл»
Боби сої	18 (ледь помітний відтінок)	20 (максимально)
Боби маш	20 (максимально)	20 (максимально)
Боби нуту	7 (не насичений, зі стороннім ароматом)	10 (не насичений, зі стороннім ароматом)
Горох	4 (з ароматом гороху)	5 (з ароматом гороху)

Примітка: похибка не перевищує 5 %

Результати досліджень свідчать про те, що одночасне використання ферментів LOX, HPL, присутніх у бобах відповідає умовам для утворення

аромату GLV профілю, але по-різному. Найбільша кількість продуктів реакції з попередниками спостерігалась при використанні бобів маш та сої, найменша при використанні нуту та гороху. У подальших дослідженнях боби нуту та горох не застосовували в якості ефективних джерел ферментів LOX, HPL.

Утворення різних за хімічним складом або ізомерними формами ароматичних речовин при мікрохвильовому та конвективному нагріванні простежено нами на пробудженому насінні. Відомо [341], що в насінні міститься певна кількість ліпідів: кавуна (43–48 %), дині (25–34 %), огірка (32–37 %), томатів (24–31 %), моркви (10–15 %), льону (33–51 %). Крім того, обводнення і пробудження насіння призводить до активації численних ферментних систем, у тому числі ліпази, ліпоксигенази, гідропероксид ліази та ін. Отже, в пробудженому насінні присутні попередники (ПНЖК) та комплекс ферментів (LOX, HPL). Відомо, що в процесі пророщування зерна за звичайних умов змінюється не тільки активність ферментів, а й вміст ПНЖК (попередників аромату) до 12 % [342]. Багато робіт присвячено дослідженням активності ліпоксигенази під час проростання насіння або зерен. Було відмічено зменшення активності LOX 2 і LOX 3 у перші 24 години проростання і збільшення її у період 5–7 днів; у перші три години набрякання і до семи годин пророщування активність LOX квасолі збільшується удвічі порівняно з сухим зерном, а після 18 годин її рівень активності знижується до початкового рівня; у насінні соняшнику пік активності доводиться на четвертий день пророщування, кавуна – на шостий день [342, 343]. Тому саме стан «пробудженого» зерна був обраний нами для порівняння впливу способу підведення тепла на механізм ароматоутворення з попередників.

Під час досліджень, проведених нами, пробуджене насіння (розділ 2.1) подрібнювали в дистильованій воді (співвідношення насіння : вода як 1 : 3) й отримували водну суспензію, яку нагрівали до температури 43 ± 2 °C для здійснення реакцій утворення аромату з ліпідів насіння. Максимальний час утворення аромату з ПНЖК, за попередніми дослідженнями, становить не більше 35 хвилин, оскільки при тривалішому термостатуванні екстрагуються поліфеноли насінневої оболонки, інгібітори окиснювальних реакцій. Час,

менший за 10 хв, не достатній для процесу екстрагування ферментів та взаємодії з субстратом (попередниками аромату). Тому в інтервал часу 10–30 хв суспензія має умови для формування ароматичних компонентів, сформованих із ліпідів насіння. Суспензію із пробудженого насіння нагрівали конвективним способом (КВ) і в мікрохвильовому полі (МВ) до температури 43 ± 2 °С тричі з інтервалом 10 хв. Оскільки у водному середовищі ароматичні компоненти розділяють на легколеткі (азеотропи, здатні швидко випаровуватися із суміші з розчинником) і важколеткі (неазеотропи), аромат оцінювали з інтервалом 10 хв (табл. 3.14). Аромат суспензії без нагрівання – контрольний зразок, описаний для усіх зразків як злегка кислий, молочний, без характерних ознак.

Таблиця 3.14 – Відтінки аромату водної суспензії насіння

Водна суспензія насіння	Тривалість (хвилин) нагрівання і спосіб підведення тепла					
	10		20		30	
	КВ	МВ	КВ	МВ	КВ	МВ
Кавун	Близький до контролю	Свіжий	Фруктовий	Зелений	Варені фрукти	Трав'янистий
Диня	Свіжий GLVs	Близький до контролю	Вареної крупи	Сирий бобовий	Фруктовий, солодкий	Ананас із цукром
Огірок	Близький до контролю	Свіжий	Варених овочів	Трав'яний	Деревний	Огірковий
Морква	Близький до контролю	Свіжий	Терпкий	Зелена серцевина	Трав'яний	Морквяний
Томати	Близький до контролю	Свіжий	Відсутній	Фруктовий солодкий	Деревний	Фруктовий, солодкий

Різний спосіб підведення тепла до водного розчину ароматичних компонентів обумовлює відмінності в органолептичній оцінці аромату, отриманого шляхом ферментативних реакцій із ліпідів. Під впливом мікрохвильової енергії аромат зразків суспензії насіння відрізнявся від нагрітих конвективно. В інтервалі перших 10 хвилин у зразках (окрім насіння дині) з мікрохвильовим нагріванням переважали свіжі відтінки за рахунок виділення легколетких C_6 -альдегідів. У роботі Чжен Х., Ли Х. показаний селективний

вплив МВ поля на аскорбінову кислоту та пероксидазу як найбільш термолабільні та термостійкі компоненти спаржі [344]. Тому зміни аромату, що відбуваються, пов'язані із залишковою активністю ліпоксигенази та накопиченням гідроперекисів ліпідів у результаті теплової обробки водно-ліпідної суспензії насіння, а також присутності кислот і білків. Поява деревного аромату пояснюється дією МВ енергії на лігнін. Застосування МВ випромінювання сприяло швидкому руйнуванню рослинної клітини і, на першому етапі, ефективному розділенню високомолекулярних структурних компонентів вуглеводної і ароматичної природи та надалі гідролізу полісахаридів до глюкози. Комбінація пробудженого насіння в різних пропорціях дає при нагріванні букет ароматичних сполук і великий спектр нових натуральних ароматів. Можна зробити висновок, що загальновідомий хімізм реакції між ПНЖК та LOX, HPL (розділ 1.3.3) відчутно відбувається у мікрохвильовому полі у зв'язку з такими факторами: клітинні ліпіди являють собою з'єднання ділянок з гідрофобними і гідрофільними властивостями, що створює додатковий опір для фермент-субстратних взаємодій при конвективному нагріванні; вода поглинає електромагнітну енергію в мікрохвильовому діапазоні частот набагато інтенсивніше, ніж інші діелектрики, що утворюють структуру сировини рослинного походження [345] і це позначається на зменшенні гідрофільно-гідрофобного бар'єру між гідрофобними попередниками ліпідної природи та гідрофільними ферментами.

3.4.2 Дослідження шляхів використання попередників аромату

Ферменти, що беруть участь в реакціях з попередниками (окисненні ліпідів), їх похідними гідроперекисними сполуками, ретельно вивчаються науковцями світу [94]. Найменша тривалість бланшування цибулі-порею, базиліка, шпинату призводить до максимального руйнування гексаналів і гексеналів. Властивості попередників аромату сировини та рослинних LOX і HPL, як відновників аромату, продемонстровано на прикладі плодового субстрату зі зміненим ароматом та інактивованою ферментною системою.

Готували деароматизоване полуничне пюре: ягоди обробляли водяною парою 5 хв, охолоджували, подібнювали і знову обробляли 5 хв водяною парою для усунення аромату свіжих ягід. Під час такої обробки в ягодах полуниці інактивувались власні LOX. Використовували тонкоподрібнені гомогенати солодкого перцю. Визначали активність ліпоксигеназ в свіжому солодкому перці та ягодах полуниці, водному екстракті плодів (табл. 3.15). Водний екстракт ферментів готували як описано в розділі 2.1 [245].

Таблиця 3.15 – Активність ліпоксигеназ у пюре й екстракті

Зразок	Активність ліпоксигенази, од/см ³ хв	
	перець	полуниця
Свіжі плоди	60	30
Водний екстракт плодів	23	2
Термооброблене пюре	–	не виявлена

У свіжих плодах солодкого перцю активність LOX найвища, водний екстракт солодкого перцю проявляє ліпоксигеназну активність на рівні свіжої полуниці. У термообробленому пюре полуниці активність LOX практично відсутня. Для подальших досліджень проаналізували ароматограми термообробленої полуниці та водного екстракту солодкого перцю (рис. 3.27, 3.28).

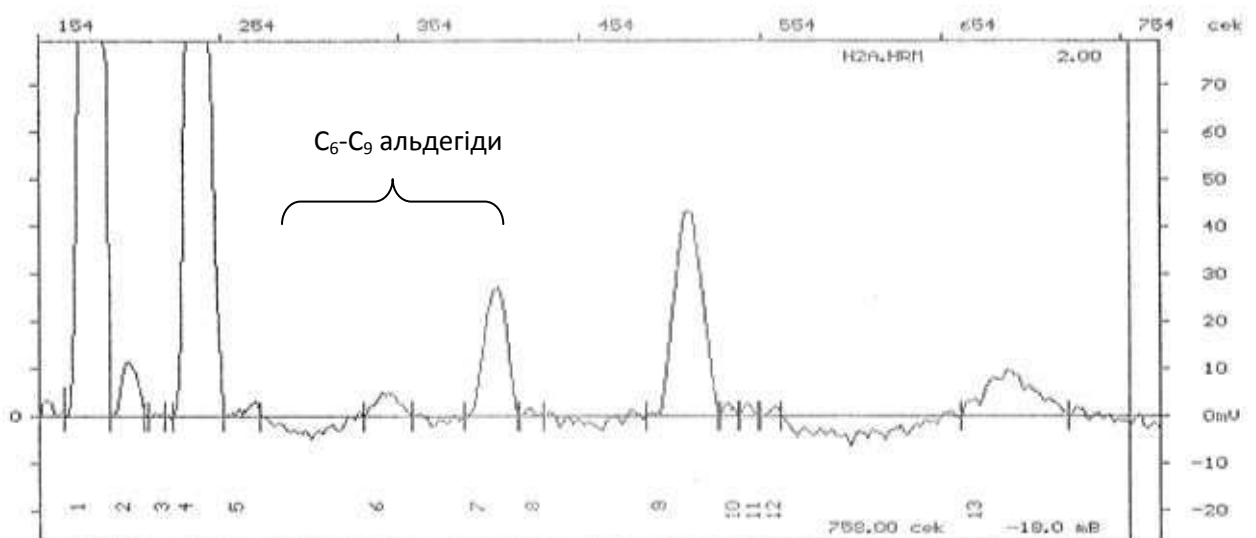


Рисунок 3.27 – Ароматограма полуниці після гідротермічної обробки

Температуру колонки змінювали так, що більш леткі компоненти (Лл) відображались на хроматографі у вигляді практично гладких ліній, а менш леткі

компоненти (Аз), які реагували повільніше, під час підвищення температури концентрувались у гострі піки. За кількістю піків суміш аромату гідротемічно обробленої суниці складається із 14 компонентів.

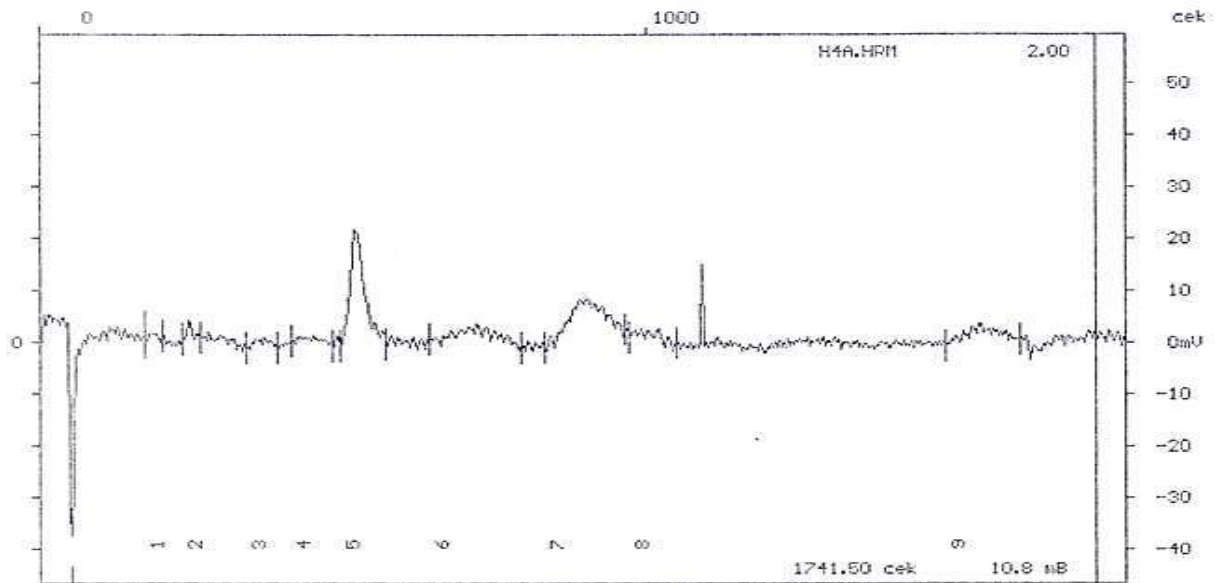


Рисунок 3.28 – Ароматограма плодів солодкого перцю

Відновлення аромату із впливом на попередники проводили шляхом внесення в пюре полуниці водного екстракту ферментів солодкого перцю 1 : 10 (рис. 3.29) і 1 : 20 (рис. 3.30). Сполуки, що мають піки на ароматограмі, не були ідентифіковані.

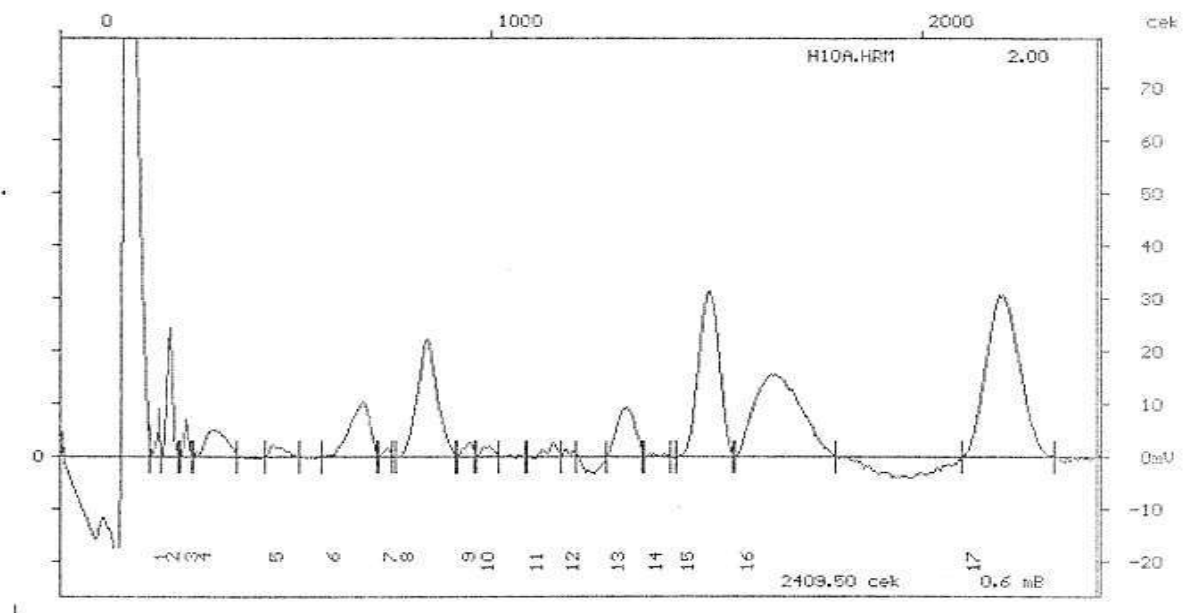


Рисунок 3.29 – Ароматограма полуниці з обробкою ферментами солодкого перцю (1 : 10).

Теоретично кожний із піків може бути утворений з декількох речовин, окремі речовини утворюють ділянку з нерозділених піків. Ароматограма плодів солодкого перцю на рис. 3.28 відрізняється від ароматограми полуниці – має менше піків (два гострих) та являє собою більш гладку лінію. Проте очевидно, що поява нових, добре окреслених піків на рис.3.30, рис.3.31 відображає дію ферментів LOX і HPL солодкого перцю.

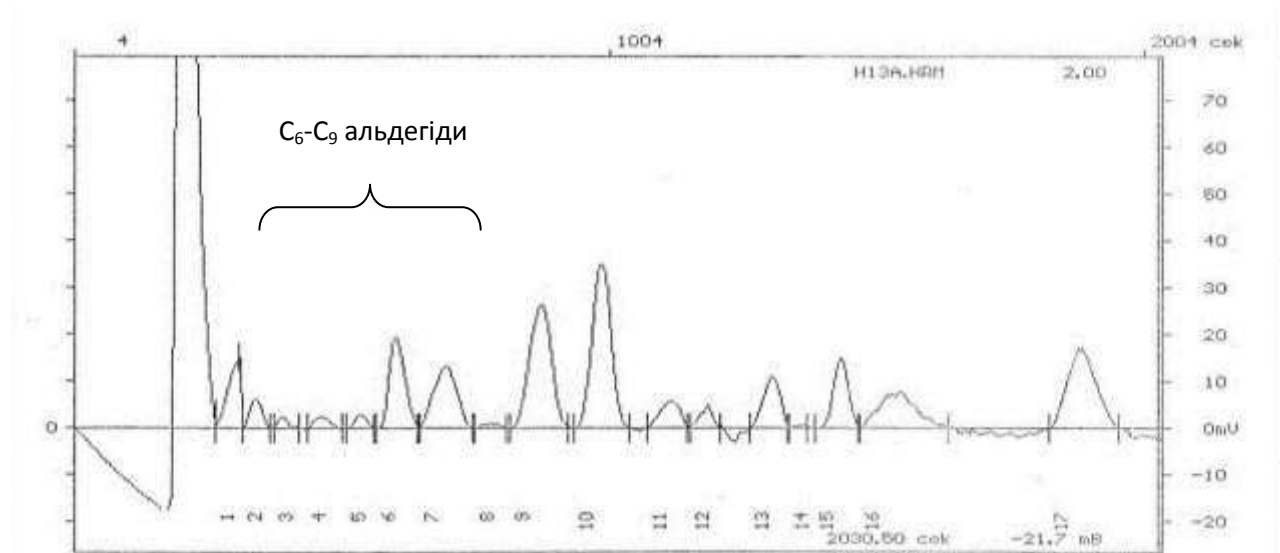


Рисунок 3.30 – Ароматограма полуниці з обробкою ферментами солодкого перцю (1 : 20)

Отже, екстракт ферментів, що містить ліпоксигенази з солодкого перцю, взаємодіє із попередниками – ліпідами полуничного пюре після теплової обробки з утворенням ароматичних Аз компонентів.

Одним із способів отримання рослинних ферментів – є екстракція свіжої сировини. При цьому виділення ферментів з екстракту або їх концентрування не завжди потрібне. Для відновлення втраченого аромату можна вносити як екстракт ферментів, так і тонкоподрібнену сировину як їх джерело (рис. 3.31).

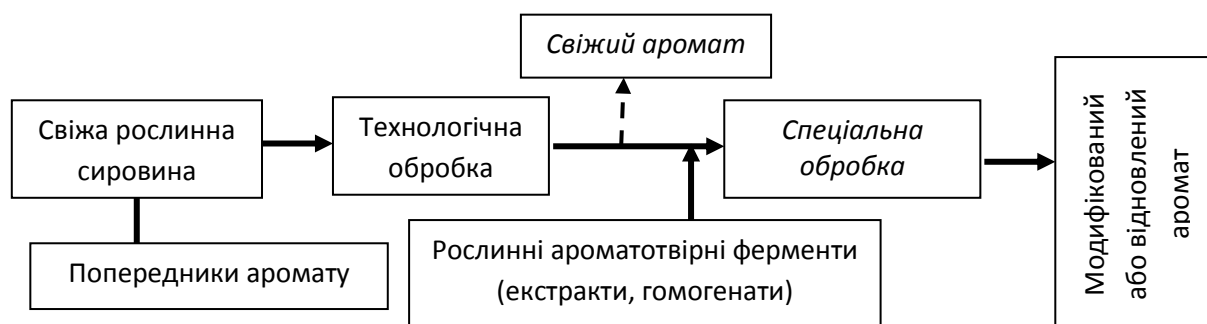


Рисунок 3.31 – Схема відновлення аромату в продуктах

Під час збільшення концентрації ферментів кількість **Az** компонентів збільшується в середньому в 1,5 рази при порівнянні хроматограм (рис. 3.32). Процес відновлення аромату є багатоступінчастим процесом, що здійснюється попередниками та різними ферментами. Відновлення аромату залежить від присутності попередників в оброблюваних продуктах і наявності ферментів, що специфічно утворюють ароматичні речовини з попередників [165].

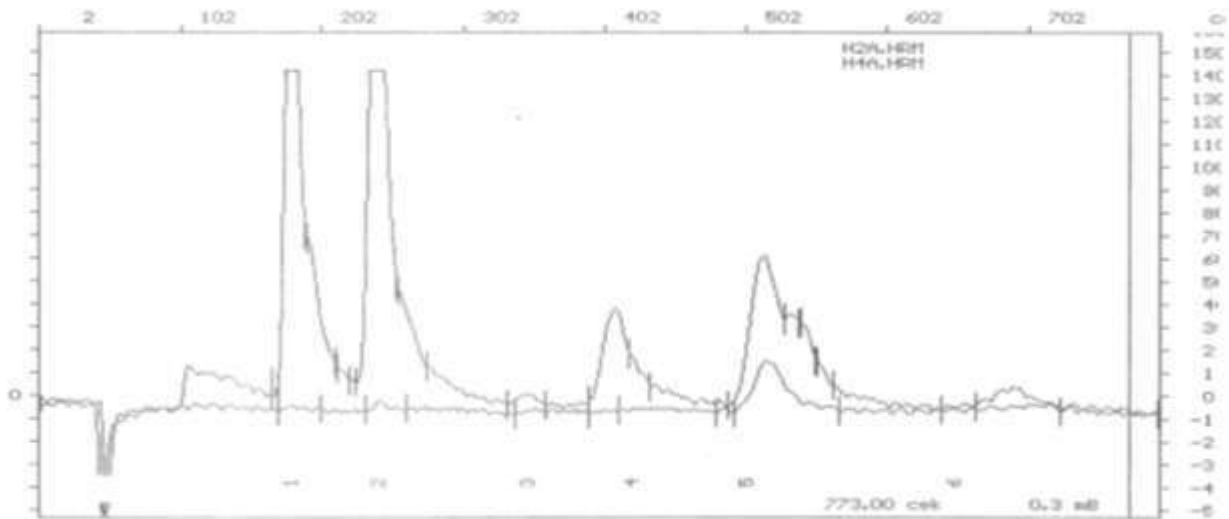


Рисунок 3.32 – Накладені ароматограми перцю та полуниці

Згідно з рис. 3.32 аромат термообробленої полуниці та солодкого перцю на ароматограмі утворює різні піки, в той час як вплив на попередники аромату ферментами збільшує частоту та висоту піків на ароматограмах. На кожному технологічному етапі продукт втрачає ароматичні сполуки, що становлять його аромат (букет). Отже, аромат може бути відновлений з попередників після його втрати в результаті теплової (заморожування, консервація або висушування) обробки продукту водними екстрактами свіжої сировини.

Ароматотвірні ферменти повинні міститися в рослинній сировині в достатніх концентраціях для ферментативного утворення аромату, що відбуваються за рахунок послідовних гідролітичних і окиснювальних процесів. Таким чином, внесення тонкоподрібненої рослинної сировини до термооброблених продуктів є фактором керованого впливу на реакції ароматоутворення. Пересвідчитись у наявності взаємодії попередників або її відсутності можливо за експериментом з трьома зразками. У МВС обробляли три зразки мезги баштанних плодів (послідовно кавун, гарбуз, диня) в умовах

розрідження 30 кПа та отримували дистиляти: 1-контроль (свіжа мезга), 2-термо+ферменти (термічно оброблена мезга з інактивованими власними ферментами із внесеними екстрактами ферментів рослинної сировини), 3 - термо (термічно оброблена мезга з інактивованими ферментами. Протягом 40 хв визначали число аромату у мезги з інтервалом 10 хв (рис. 3.33).

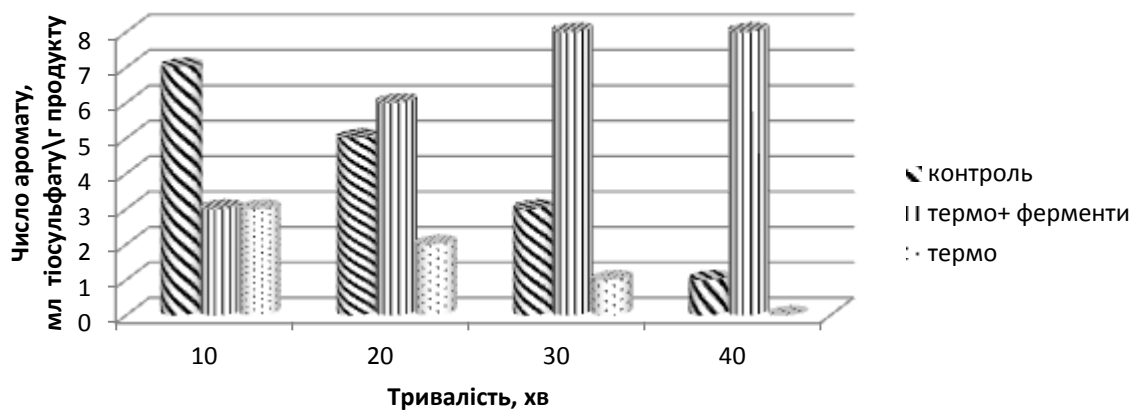


Рисунок 3.33 – Зміна ароматичних компонентів при розрідженні 30 кПа в середовищах із різною активністю ферментів

У контрольному зразку відбувся класичний процес прегонки АР у рідину, кількість АК поступово зменшувалась а саме від 7,7 до 0,8 мл тіосульфату/1г. У термообробленій сировині з інактивованими власними ферментами, аналогічно число аромату поступово зменшувалось від 2,8 до 0,1 мл тіосульфату/1г. У зразках, отриманих із мезги з екстрактом рослинних ферментів відновлюється аромат про що свідчить збільшення числа аромату до 8 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ /1 г.

Дія попередників свідчить про наявність взаємозв'язку між процесом відновлення аромату, активністю ферментів, наявністю попередників та необхідними умовами взаємодії. Необхідно зазначити, що сприятливі умови протікання реакцій з попередниками в умовах вакууму 30 кПа частково можуть бути інгібовані антиоксидантною системою плодів або продуктами реакції Майяра.

3.4.3 Взаємодія попередників аромату з екстрагованими ферментами рослинної сировини в умовах *in vitro*

На наступному етапі були досліджені процеси відновлення аромату у взаємодіях попередників та комплексом ферментів, виділених з плодів

екстрагуванням спиртовим або сольовим розчином. Попередники виділяли в установці МВС та екстрагуванням гарячою водою. Такий підхід було обрано з метою співставлення результатів реакцій попередників при утворенні ароматичних компонентів.

Активність LOX в суспензії гомогенатів із томатів, огірків, оливок, болгарського перцю, яблук, базиліку, полуниці, бананів є визначальною у процесі утворення аромату [176]. У дослідженнях вибрані плоди з відомою активністю LOX (відносні одиниці): солодкий перець (300), банани й огірки (30–120), полуниця і яблука (<120), гарбуз (<30) [139]. Процес отримання ферментних препаратів із фруктів і овочів полягав у водній екстракції подрібненої сировини, відділенні рідкої фази й осадженні ферментів охолодженим до 5–10 °С спиртом. Осад, що утворився, відокремлювали центрифугуванням із подальшим сушінням за умовами зниженого тиску (7кПа). Плоди (огірки, гарбуз, яблуко, кавун, полуниця) після вилучення клітинного соку бланшували, охолоджували та протирали до отримання пюре без вираженого аромату. Це пюре після попередніх технологічних операцій містить попередники аромату (субстрат) та не має аромату, характерного для свіжих плодів. Попередники ліпідної природи аромату виділяли з пюре центрифугуванням або екстракцією гарячою (киплячою) водою, або висушуванням м'якоті під вакуумом у МВС. До попередників вносили ферментні препарати у співвідношенні 1 : 50 або 1 : 100. Пюре (50 г) обробляли комплексом ферментів, отриманим із 500 г відповідної сировини, перемішували та витримували протягом 0,5–1 годин за кімнатної температури. Утворення ароматичних речовин оцінювали за «числом аромату», газовою хроматографією пари, що утворилася над продуктом, органолептичною оцінкою (табл. 3.16).

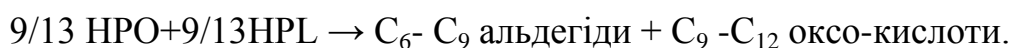
Установлено, що плоди з невисокою ліпоксигеназною активністю і меншим співвідношенням до субстрату протягом 1 години надають солодкий, фруктовий аромат. Якщо плоди мають більш високу активність LOX, а ферменти отримані при висушуванні в МВС – аромат пюре відновлюється із наближенням до аромату плодів.

Таблиця 3.16 – Вплив обробки фруктово-овочевого пюре комплексом ферментів на зміну аромату

Сировина	Метод обробки попередників	Джерело ферменту	Співвідношення ферменту до субстрату	Умови		Характер аромату
				температура	тривалість, годин	
Огірок	Екстрагування	Гарбуз	1:50	35	1,0	Травянистий
					0,5	Фруктовий
	Висушування у МВС	Перець	1:100	20	1,0	Огірковий
					0,5	Змішаний
Кавун	Екстрагування	Перець	1:50	35	1,0	Кавуновий
	Висушування у МВС	Яблуко	1:100	20	0,5	Солодкий
Яблуко	Екстрагування	Полуниця	1:50	35	1,0	Яблучний
					0,5	Полуничний
	Висушування у МВС	Огірок	1:100	20	1,0	Слабо огірок
					0,5	Огірковий
Гарбуз	Екстрагування	Полуниця	1:50	35	1,0	Слабо гарбуз
			1:100	35	0,5	Полуничний
	Висушування у МВС	Банан	1:50	20	1,0	Банановий
			1:100	20	0,5	
Полуниця	Екстрагування	Перець	1:50	35	1,0	Посилюється перець
			1:100	35	0,5	
	Висушування у МВС	Огірок	1:50	20	1,0	Значно полуничний
			1:100	20	0,5	

Обробка попередників із різних видів плодів комплексом ферментів дає різний результат у процесах утворення аромату: з одних плодів розвивається аромат, характерний для аромату попередників, з інших – характерний для плодів, з яких екстраговані ферменти. Ця закономірність, на наш погляд, обумовлена таким чинником, як відношення швидкостей взаємодії. Наприклад, хоча основним продуктом дії ліпоксигенази в плодах томатів є 9-LOOH, специфічність гідропероксидліази (відношення швидкостей її взаємодії з 9- і 13-LOOH становить 1:62) призводить до того, що в пошкоджених тканинах в основному утворюються C₆- і C₁₂-фрагменти. І навпаки, гідропероксидліаза огірків має малу специфічність (відношення швидкостей її взаємодії з 9- і 13-LOOH становить 2 : 1) і домінування C₉-фрагмента серед продуктів окиснення жирних кислот визначається, передусім, селективністю LOX.

Схематично узагальнений каталіз гідроперексидів можна представити так:



Залежно від особливостей підкладки HPL_S можуть бути класифіковані на групи. Кількість таких груп остаточно не встановлено, в цілому можна виділити такі [204, 205]:

- 13-HPL, що специфічно розщеплює жирні кислоти 13-НРО, щоб сформувати С₆-альдегіди (полігексанальних або (Z)-3-гексенал) і 12-оксо- (Z) -9-додеценової кислоти;

- 9/13 HPL, що можуть розщеплювати 13-НРО та 9-НРО практично з однаковою ефективністю;

- 9-HPL, що специфічно розщеплює 9-НРО, із С₁₈ жирних кислот утворюються С₉-альдегіди ((Z)-3-ноненаль, або (Z, Z)-3,6-нонадіеналь) і 9-оксо-нонанова кислота.

Наприклад, хоча основним продуктом дії ліпоксигенази в плодах томатів є 9-HPL, специфічність гідропероксидліази (відношення швидкостей її взаємодії з 9- і 13-HPL становить 1:62) призводить до того, що в пошкоджених тканинах переважно утворюються С₆ і С₁₂-фрагменти. І навпаки, гідропероксидліаза огірків має малу специфічність (відношення швидкостей її взаємодії з 9- і 13-HPL становить 2:1), і домінування С₉-фрагмента серед продуктів окиснення жирних кислот визначається, перш за все, селективністю ліпоксигенази. Показано, що утворення 13-НРО жирних кислот переважно утворюється з ендогенних субстратів. На відміну від 9-НРО, формується із субстратів екзогенних жирних кислот [119].

Рослинні ферменти краще діють у природному оточенні, тобто у вигляді натуральних комплексів екстрагованих водою, оскільки містять, крім діючого початку, ще й додаткові ферменти, які підсилюють аромат. Особливо цей вплив проявляється в олігомерних ферментах, посилена дисоціація яких під час розбавлення призводить до зменшення швидкості реакцій [118,119].

Із кавунових шкірок вилучали ферменти іммобілізовані на клітинних стінках екстракцією. Екстракт концентрували двома способами: розчином етанолу (розділ 2.1), розчином NaCl. Визначали активність ферментного препарату та вміст білка в ньому спектрофотометричним методом. Оптимальний діапазон питомої активності ліпоксигенази, за якого досліджені параметри

відновлення аромату мали максимальні значення, становив від $108,5 \pm 1,2$ до $126,4 \pm 1,9$. У кавунову м'якоть вносили концентрат ферментів кавунових оболонок з метою впливу на попередники та відновлення втраченого аромату. Порівнювали здатність концентрованих ферментів до здійснення реакцій: у кавунову м'якоть вносили концентрат спиртовий або сольовий в кількості 5, 10, 15 % до загальної маси, вимірювали число аромату (рис. 3.34).

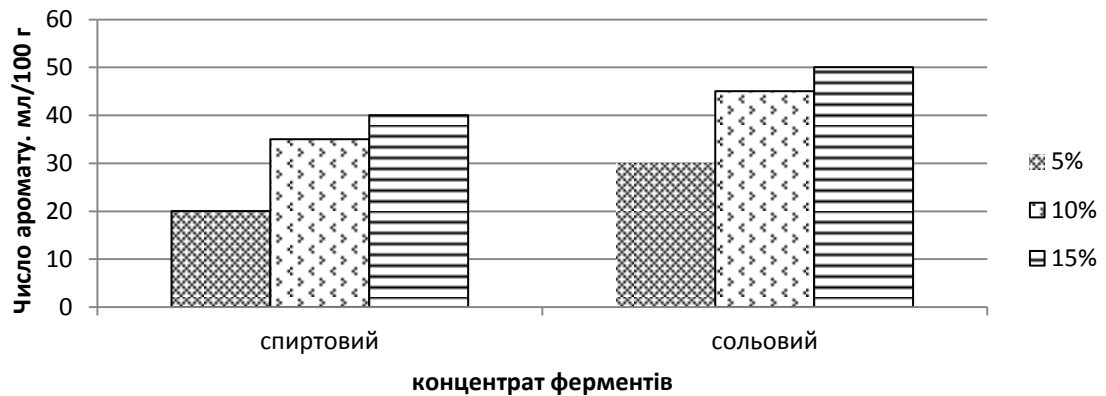


Рисунок 3.34 – Вплив концентрованого екстракту ферментів на число аромату кавунових оболонок

Органолептично аромат кавунової м'якоті після взаємодії з сольовим концентратом ферментів відрізняється повнотою, інтенсивністю і виразністю, порівняно зі спиртовим концентратом, а число аромату збільшувалось на 15 ± 5 %. В подальшому екстрагувати та концентрувати ферменти рослинної сировини можливо низькометоксильованим пектином, за методикою професора Безусова А.Т.

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що концентрати рослинних ферментів впливають на процес відновлення свіжого аромату, підвищуючи вміст C_6-C_9 карбонільних сполук до 60–75 мг/100 г. Використання способу концентрування пектиновим розчином дозволяє досягти мети досліджень.

Залежно від часу ферментації і кількості субстрату в модельних розчинах отримували різні запахи за загальним числом аромату та за сприйняттям (рис. 3.35).

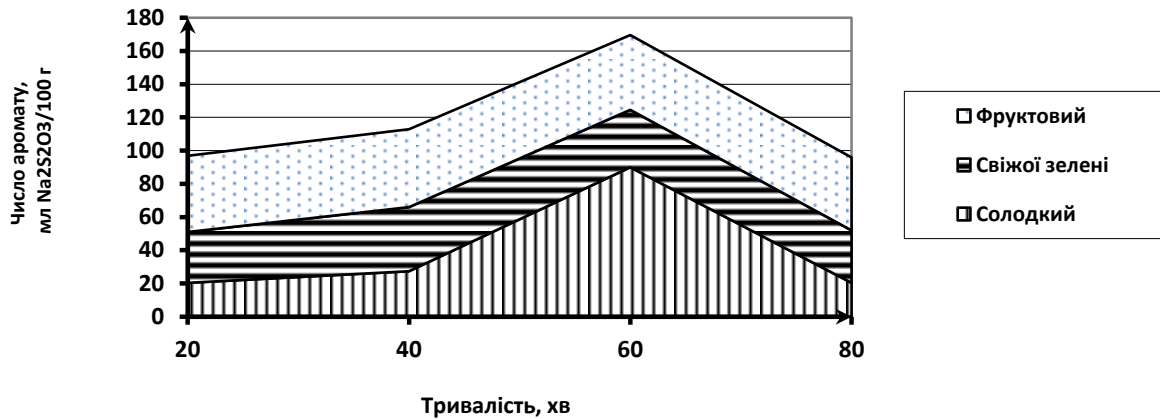


Рисунок 3.35 – Зміна аромату пюре під час ферментативної обробки

Із рисунка 3.35 видно, що швидкість утворення вторинних продуктів окиснення в ліпідах однієї і тієї ж природи визначається умовами окиснення, а продукт з відновленим ароматом – результат ферментативних реакцій. Різні модифікації ароматів легко ідентифікувались органолептично, на відміну від аналітичних методів. У рослинній сировині окиснювальні процеси попередників, викликані комплексом ферментів сировини, протікають швидко, поверхнево і, як наслідок, формують стійкий аромат у продукті на 80 хвилин, а далі аромат ледве уловлюється. Метаболічна активність ліпідозалежних ферментів визначається змінами в ліпідному мікрооточенні. Змінюючи це оточення можна посилити активність ліпідних ферментів.

Під час приготування невеликої кількості їжі, наприклад, у ресторані або кафе нетривалий ефект ароматизації є задовільним чинником. До того ж із гомогенатів не обов'язково виділяти ароматизатори в промислових кількостях. Іноді в продукті досить відновити або додати «ключову» речовину аромату: гексаналь – для пшеничного хліба і яблучного соку, гексенал – для подрібненої суніці, бананів, нонадіеналь – для огірків і декадіеналь – для хрусткої картоплі. У цьому випадку ефективним є використання природних попередників аромату і ферментів із рослинної сировини. У рослинній сировині присутня велика кількість ферментів, які беруть участь в утворенні аромату [116]. Наприклад, відомий ресторатор Х. Блюменталь шляхом змішування гострого перцю і полуниці посилював смак і запах у продуктах [348].

Рослинні ферменти краще діють у природному оточенні, тобто у вигляді натуральних водних і спиртових екстрактів, що містять, крім діючого початку, ще й додаткові компоненти, надають стабілізуючого ефекту, антиоксидантну дію або підсилюють аромат основного компоненту. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що кількість рослинних ферментів задовольняє процес відновлення аромату, тобто вмісту C₆-C₉ карбонільних сполук 60–75 мг/100 г.

Утворені ароматичні сполуки можуть піддаватися подальшій трансформації ферментами алкогольдегідрогенази в спирти, які в цілому мають схожі профілі запаху, як альдегіди. Існування цього шляху було уперше показано на прикладі утворення бананового аромату, а участь ферментів у цьому процесі була доведена на прикладі огірків і томатів. Зміна пропорцій цих альдегідів і відповідних спиртів дає «зелений запах», особливість різних видів рослин залежить від довкілля і сезону.

3.4.4 Дослідження взаємодії рослинних ферментів та попередників аромату рослинної сировини

Наступною важливою властивістю попередників ліпідної природи є здатність до участі в реакціях у вільному (неестерифікованому) або зв'язаному стані. Вільні ТАГ та ліпоксигенази забезпечують утворення зелених нот аромату гексаналь і (E)-2-гексеналь. У свіжій сировині попередники ліпідної природи знаходяться більшістю у зв'язаному стані, що теоретично обмежує їх подальшу участь в реакціях утворення аромату. Тому гідроліз ліпідів білої кавунової м'якоті проводили у розчині панкреатичної ліпази з активністю 300 од/г, протягом 1 год. У контрольному зразку використовували свіжу білу кавунову м'якоть без обробки панкреатичною ліпазою. Виділення ароматів проводили у вакуумному випарнику протягом 30 хв при розрідженні 60 кПа, зібраний конденсат – розчинені у воді ароматичні речовини (рис. 3.36).

Оскільки ліпази призводять до утворення вільних ТАГ це суттєво впливає на реакційну здатність попередників: ферментовані шкірки інтенсивно

продукували GLV компоненти.

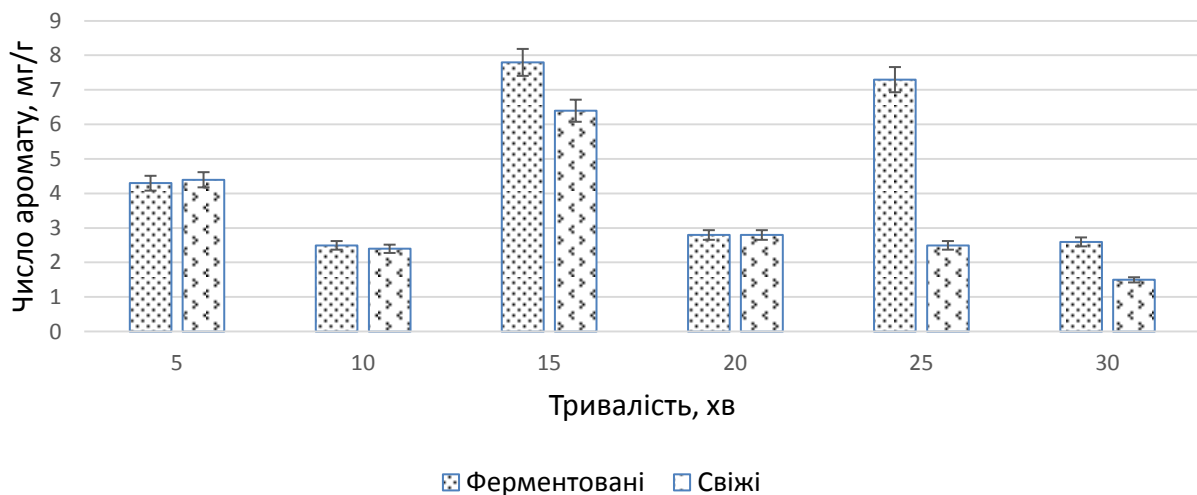


Рисунок 3.36 – Число аромату конденсату парів свіжих і ферментованих зразків білої кавунової м'якоті

Вихід АР у конденсат становив у середньому 80 % від загальної концентрації для ферментованих шкірок і 30 % – свіжих. Попередники у зв'язаному стані не впливають на процес утворення аромату (ЧА в дистилляті становить 1,5 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ г).

Активування процесу ароматутворення було досягнуте збільшенням рН середовища більше 7,0, що пояснюється кращою розчинністю жирних кислот у нейтральних і слаболужних розчинах. Попередня обробка кавунової шкірки H_2O_2 стимулює ди- та поліоксигеназну активність ліпоксигенази *in vitro*, аромат більш насичений і виражений. Попередня обробка кавунових шкірок, білої м'якоті ліпазою, дозволяє індукувати власні ферментні системи кавунових продуктів, сприяючих більшому синтезу ароматуючих речовин.

Встановлено, що збільшення числа аромату конденсату парів свідчить про інтенсивні процеси в зразках, які підсилювали їх здатність утворювати аромат у кавунових продуктах. Різними в конденсатах були не лише кількість ароматичних речовин, але і їх склад та характеристика: від свіжого кавунового, насиченого аромату до травянистого, невиразного. Ноти, які надають спирти (переважно наонадієноли) пов'язані з реакційною здатністю лінолевої і ліноленової кислот, які є попередниками аромату.

Кавунові шкірки, білу м'якоть у дослідженнях використовували як у свіжому вигляді, так і замороженому. Проте через інтенсивні окиснювальні процеси розморожені кавунові продукти гірше піддаються реакціям з попередниками аромату. Тому для удосконалення технології міжсезонного зберігання та переробки кавунових шкірок, білої м'якоті, нами рекомендовано заморожувати їх з сіллю або замочувати в концентрованому сольовому розчині.

Медіаторами утворення летких ефірів є ліпази й оборотні реакції гідролізу, що протікають з їх участю. Доказів такої дії ліпаз у плодах немає, проте такі реакції проходять при зброджуванні дріжджами; слабкий фруктовий запах може бути обумовлений присутністю ліпаз, які також роблять свій внесок в аромат зрілого сиру. Ліпази, що використовуються для формування пікантного смаку й аромату дозрілих сирів, швидше за все, у ферментативних реакціях утворення аромату мають обмежену дію [349]. Вільні жирні кислоти модулюють активність фосфоліпаз, іонних каналів, АТФази, G-білків і протейнінази; вони також регулюють фосфоінозитидний і сфінгомієлиновий цикли, гормональний сигнал і транскрипції генів, таким чином опосередковано впливаючи на процеси ароматоутворення.

Деякі дослідження показали, що переважно субстратом для виробництва GLVs (зелений і свіжий аромат) є галактоліпіди [350]. Якщо активність ліпаз надзвичайно висока, то фосфоліпіди і, нарешті, моно-, ди- та тригліцериди також метаболізуються [351]. Галактоліпід присутній у тіалкалоїдній тканині мембран і містить велику кількість трієнових кислот, таких як $C_{18:3}$ і $C_{18:2}$, тоді як фосфоліпіди становлять основну частину рослинної клітинної мембрани. Як правило, галактоліпазна (ГЛ) й інші рівні активності ліпази, природно, дуже низькі в рослинах. Швидке вивільнення вільних жирних кислот із галактоліпіду, таких як моногалактозилдіацилгліцерол (MGDG), може бути пов'язане з деякою індукцибельною захисною системою.

ПНЖК та їх похідні (моноацигліцероли, амідни, оксиліпіни) функціонують як ефектори біологічної активності. Крім того, ферментативна оксигенація

ненасичених жирних кислот призводить до широкого спектра високоактивних оксиліпінів, що функціонують як сигнальні молекули [352]. Оскільки оксиліпіни синтезуються з полієнових жирних кислот у відповідь на різні біологічні подразники, їх вимірювання дає кількісне відображення стану клітин і тканин. Значна частина окиснених ліпідів, присутніх у біофлюїдах і тканинах, специфічно біосинтезуються з ПНЖК під дією регульованого ферменту (-ів). Кількість і типи оксиліпінів у біофлюїдах були використані для позначення запального, пошкодженого та явно хворобливого стану [353].

Відомо, що ферментативні процеси під дією ліпаз не залежать від масової частки води [354]. Важливим процесом за участю ліпаз є спрямований перерозподіл ацильних груп ліпідів, що дозволяє отримувати ліпіди із заданою структурою. Цей процес проводиться в «мікрководному» середовищі, тобто в органічному розчиннику або в середовищі самого ліпідного субстрату, що виконує роль «розчинника» (вміст води в цьому середовищі не перевищує 1 %). У цих умовах ліпази каталізують не гідроліз ефірів, а їх (ре)синтез. Відомо, що ліпази не взаємодіють із субстратом до тих пір, поки його концентрація не перевищить їх розчинність, і на поверхні розділу фаз не почнеться утворення колоїдних агрегатів типу міцел [139].

Отже, враховуючи вплив галактоліпідів та ліпаз на утворення аромату рослин, низьку активність ліпаз в рослинах, яка пов'язана із захисною системою, нами був досліджений вплив ліпаз різної активності із пророщених соєвих бобів і насіння соняшнику, пробуджених зерен ячменю і вівса та промислові (800 од/г). Ліпази були виділені водним екстрагуванням з насіння та використані промислові. Активність ферментів у рослинних екстрактах коливається в межах 30–140 од/г. Об'єктом досліджень обрана біла кавунова м'якоть, яка після подрібнення швидко втрачає аромат. Білу кавунову м'якоть подрібнювали на кубики 2x2 см, витримували протягом 5 годин. Кожні 0,5 годин у розчинах визначали ідентичність і насиченість аромату. Після досягнення його максимального значення вилучали дистилят аромату у МВС (розділ 2.6). У дистиляті аромату визначали число аромату (ЧА), кислотне число за

контрольний зразок використали білу кавунову м'якоть, не оброблену ферментами (табл. 3.17).

Таблиця 3.17 – Вплив обробки кавунової м'якоті (білої) на зміну аромату

Обробка білої кавунової м'якоті рослинними ферментами	Пік ароматів, годин	Характерний аромат	ЧА (дистилят)	КЧ, мг КОН
Контроль	–	трав'яний	23±0,7	7,0±0,3
Ліпаза (промислова) 800 од/г	4–4,5	Свіжий із сторонім тоном	40±1,2	22,3±0,3
Боби сої (екстракт: ліпаза 140 од/г, ліпоксигеназа 215 од/г)	0,5–1	зброджений, солених кавунів	36±1,2	17,0±0,3
Насіння соняшнику (ліпаза 85 од/г)	1–2	слабкий огірковий	41±1,2	14,0±0,3
Овес (ліпаза 30 од/г)	1,5–2,5	кавуновий	30±0,7	8,0±0,3
Ячмінь (ліпаза 50 од/г)	3–4	слабкий зерновий	38±1,2	10,0±0,3

АК кавунових шкірок починають утворюватись внаслідок реакції ліпідів з ліпазою. При цьому вивільняються ЖК, з яких утворюються гідроперекиси, які далі розщеплюються LOX, HPL до ароматичних сполук. За відсутності ліполітичних ферментів (контрольний зразок та ячмінь) у кавунових шкірках і дистиляті переважає неприємний травянистий аромат. Найкраще реакції з попередниками аромату кавуна в дистиляті відбулися під час використання промислової ліпази або соєвого екстракту, тобто там, де утворилось більше вільних ТАГ. Висока активність ліпази призводила до збільшення ЧА в дистиляті, але органолептично при використанні промислової ліпази в розчині з'являється сторонній тон, який є показником глибоких деструктивних змін ТАГ клітинних мембран. З використанням соєвих бобів була продемонстрована спільна дія ліпаз та LOX, тобто під час досліджень частина вільних ЖК прореагувала до утворення ароматичних компонентів, при цьому КЧ зменшилось, порівняно з промисловими ліпазами.

З метою виявлення можливостей комплексу ферментів зі складових плодів кавуна нами було досліджене свіже кавунове насіння. Можливість використання

свіжого кавунового насіння у реакціях ароматоутворення, за проведеними нами дослідженнями, відсутня на відміну від насіння або його частин після пророщування. Нами були використані ціле насіння та окремо оболонка або ядро. Розчин ферментів кавунового насіння (очищеного та цілого) насіння готували наступним чином: очищене або ціле насіння розтирали в холодній воді у співвідношенні 1 : 10 і витримували 7-15хв., вносили до провареної кавунової м'якоті. Екстраговані ферменти кавунового насіння не відновлюють свіжий аромат термообробленої м'якоті.

Свіже насіння кавуна є джерелом рослинних фосфоліпаз. Активність цих ферментів коливається упродовж активного періоду плоду. Складність використання цих ферментів полягає в тому, що вони, як правило, є ліоферментами, тому в першу чергу реагують із фосфоліпідами кавунового насіння. Наявність високого відсотку ненасичених жирних кислот в насінні кавуна свідчить про доцільність використання свіжого насіння у якості попередників аромату, але за літературними даними олія, вилучена з кавунового насіння має високі антиокислювальні здібності [355, 356]. Цей факт підтвердився значною зміною кислотного числа «кавунового молочка» – подрібненого у воді кавунового насіння, у зразках з інактивованими й активними ферментами. У разі активних ферментів кислотне число екстракту насіння було вищим у 2,0 рази.

Важливими є результати досліджень, в яких описаний кількісний склад ферментів, присутніх у кавуновому насінні після пророщування [337], здатних до відновлення аромату термообробленої кавунової м'якоті. Фермент, розташований головним чином в області гіпокотилово-кореневого переходу, каталізує перетворення 13-L-гідроперокси-цис-9-транс-11-октадека-дієнової кислоти на 12-оксотранс-10-додеценової кислоти і гексаналь.

Ферменти свіжої кавунової м'якоті здатні до ароматоутворення з попередниками термообробленої сировини, але відчутність цих реакцій короткочасна (10–15 хв) та невиразна. Узагальнений шлях, який досліджувався, полягає у реакціях LOX, їх ізомерних форм та HPL, що впливають на зміну аромату термообробленого пюре з рослинної сировини. Способи перетворень

попередників у бажані АР залежать від спільної дії і специфічності комплексу LOXs/HPLs. За результатами досліджень підтверджується факт, що, що внесення невеликої кількості свіжої сировини наприкінці технологічного циклу обробки надає продукту свіжого аромату. Це також зазначено у роботах інших дослідників [357]. Попередники аромату в кавуновій м'якоті досить стійкі, не чутливі до нагрівання і доступні для дії ферментів, які природньо утворюють із попередників аромату, стійкість яких може бути обмежена 2-3 годинами.

У подальших дослідженнях нами встановлено, що активні ферменти, які здатні утворювати або відновлювати аромат, можуть міститися в кавунових шкірках і екстрактах ферментів із насіння у визначений період стиглості кавунів. У кавуновому насінні активність ліполітичних ферментів (ацилгідролаз) висока у вересні, порівняно із серпнем та жовтнем. Дії тільки ацилгідролаз на попередники аромату не достатньо – наявність вільних ПНЖК не є єдиною умовою утворення аромату. На наш погляд, не технологічно використовувати кавунове насіння як джерело одного типу ферментів, а потім вносити додатково комплекс ферментів LOX/HPL з інших джерел. Але подальші дослідження у цьому напрямку тривають, оскільки існує перспектива комплексного використання кавунового насіння та шкірок у технологіях натуральних ароматизаторів.

Отже, встановлено, що попередники рослинної сировини можуть утворювати АК, які відрізняються залежно від їх походження та використаних ферментів. Реакції попередників аромату в умовах *in vitro* на модельних системах доводять необхідність подолання гідрофільного бар'єру між попередниками аромату та комплексом ферментів.

3.5 Дослідження змін аромату при неконкурентному інгібуванні ферментативних процесів

Аромат рослин не є структурним компонентом клітини, подібно до органел, таких як рибосоми чи пластиди. Він утворюється внаслідок складних хімічних реакцій за участю ферментів, а вплив на ферментативні процеси в

рослинній сировині може не лише сприяти утворенню аромату, а й значно змінювати його [358]. Особливість такого впливу полягає в його перевазі над прямим хімічним втручанням у склад ароматичних сполук. Наприклад, розроблений спосіб запобігання утворенню аромату цибулі, який полягає у використанні неорганічних солей срібла, що розривають зв'язок між вуглецем і сіркою, утворюючи нерозчинний сульфід срібла [359]. Цей метод дозволяє м'яко видаляти сірковмісні сполуки з екстрактів цибулі, не впливаючи на компоненти та її корисні властивості. Однак кінцевий продукт зі збереженою біологічною активністю, отриманий цим методом, рекомендований виключно для зовнішнього застосування, наприклад, у косметичних засобах.

Особливість рослинних ароматотвірних ферментів (РАФ) полягає в їх активації після руйнування рослинних тканин. Особливість мірозинази, що міститься в порошку гірчиці, полягає в її неактивному стані в сухій формі, причому активація відбувається лише після додавання води [360, 361]. Це відрізняє її від мірозинази, присутньої у рослинах родини хрестоцвітих, таких як білокачанна капуста, броколі, цвітна капуста, ріпа, кормова і брюссельська капуста, редис, де фермент вже активний у природному середовищі. Мірозиназа з порошку гірчиці активується при контакті з соком цибулі або іншими водними розчинами, що може викликати конкурентне інгібування з ферментами цибулі. Ця властивість стала основною причиною вибору гірничного порошку як джерела мірозинази для проведення досліджень.

Мірозиназа, отримана з насіння гірчиці, має здатність відновлювати втрачений аромат бланшованої капусти [362]. Фермент глікозильований на 10-20 % і представлений кількома ізоформами з молекулярною масою мономерів 65-70 кДа, структура яких стабілізується трьома дисульфідними зв'язками та іоном Zn^{2+} . Мірозиназа може існувати у формі гомоолігомерів або комплексів з іншими білками. Її максимальна активність спостерігається при рН 4-8 і температурі 40-75 °С [139, 363].

Реакції, що відбуваються за участю «ферментів аромату», є ключовими для формування нового аромату сировини. Однак у деяких випадках необхідно

запобігати аналогічним реакціям за участю інших ферментів. Наприклад, відомо, що фітохімічні речовини, наявні у зеленому та чорному чаї, інгібують активність α -амілази слини [364]. Гальмування активності певних ферментів дозволяє не лише вивчити їхню роль у реакціях ароматоутворення, а й розробити альтернативні шляхи для отримання нових ароматичних сполук.

Вплинути на алііназу можливо розчинами, які містять поліфеноли. Як частина поліфенолів розглядаються і дубильні речовини, як правило, вони розділялися на два класи відповідно до їх структури [365]. Конденсовані дубильні речовини, також відомі як проантоціанідини, є олігомерами або полімерами мономерів катехолу та галлокатехолу, які зшиті флавоноїдами C_4-C_8 та C_4-C_6 , не можуть легко розщеплюватися кислотою та лугом, ендферментами або мікроорганізмами [366]. Хімічна структура дубильних речовин є складною через відмінності в кількості та розташуванні фенольних гідроксильних груп, а також через спосіб зшивання та кількість флавоноїдних мономерів [367].

Дубильні речовини, що гідролізуються, утворюються шляхом етерифікації кислот та їх похідних (галової кислоти, еллагової кислоти тощо) вуглеводами (глюкоза або поліол), які зазвичай поділяються на два типи: галові таніни (танінова кислота) та елагітаніни [139]. Поліфенольні групи в гідролізованих танінах можуть бути етерифіковані або окислювально зшиті з утворенням більш складних гідролізованих танінів. Гідролізовані дубильні речовини легко гідролізуються кислотою або танін-ацилгідролазою, а продукти включають галову кислоту, елагову кислоту, пірогалол і резорцин [368]. З розвитком досліджень танінів рослин були відкриті так звані комплексні дубильні речовини з двома вищевказаними типами дубильних речовин.

Рослинні екстракти та суспензія гірчиці готувались за наступною методикою:

- чай (чорний або зелений): 20 г сухого листя чаю заливали 100 мл води температурою 99 ± 1 °C, перемішували та настоювали протягом 1 години. Потім охолоджували до 45 °C і використовували для витримки цибулі;

- порошок гірчиці: 10 г порошку змішували з 100 мл води при температурі 22 ± 2 °С, ретельно перемішували. Суспензію не фільтрували і використовували для витримки цибулі. Для інактивації ферментів частину суспензії кип'ятили 2 хвилини;
- кора дуба: 20 г кори заливали 100 мл води температурою 99 ± 1 °С, перемішували і настоювали 1 годину, охолоджували до 45 °С та використовували для витримки цибулі;
- корінь хрону: очищений корінь нарізали на шматочки товщиною 3 мм і заливали водою температурою 22 ± 2 °С для витримки цибулі.

Процес обробки цибулі:

- суспензія гірчиці: цибулю витримували в суспензії від 10 хвилин до 1 години;
- чай та кора дуба: цибулю витримували в екстрактах 7 годин;
- корінь хрону: витримка також тривала 7 годин.

Після обробки цибулю промивали під проточною водою, нарізали та подрібнювали в блендері до пюре. З частини пюре віджимали сік. Для перевірки маскуванню аромату до одного з екстрактів зеленого чаю додавали 2 краплі ефірної олії м'яти та 5 г цедри лимона.

Обробка цибулі з гірчичним порошком: цибулю подрібнювали в блендері разом з порошком гірчиці. Оцінювали аромат і його стійкість.

Технологія обробки цибулі порошком гірчиці: підготовлену цибулю нарізали і подрібнювали в блендері одночасно із порошком гірчиці. В отриманому пюре оцінювали аромат та його стійкість. З метою інактивації аліінази та інших ароматоутворюючих ферментів цибулі був застосований метод настоювання цибулі в розчинах з різним складом та концентрацією дубильних речовин – чорний, зелений чай та кора дуба (табл. 3.18). Оцінювали аромат подрібненої цибулі, пюре та цибулевого соку. Контролем слугували цибулеве пюре і сік без попередньої обробки в суспензіях або екстрактах.

Отримані результати щодо зміни аромату та смаку цибулі під впливом дубильних речовин екстрактів (табл. 3.18) свідчили про те, що найбільш ефективно гальмують дію ароматоутворюючих ферментів цибулі компоненти

чорного чаю – після 6-12 годин настоювання при нарізанні цибулі, характерний аромат цибулі не утворювався.

Таблиця 3.18 – Характеристика аромату та смаку цибулі під впливом дубильних речовин екстрактів

Спосіб інактивації ферментів	Аромат при нарізанні цибулі після настоювання		Аромат соку з цибулі	Середня оцінка дегустаторів
	Після 5 годин	12 годин		
Настоювання з екстрактом зеленого чаю	Ледь відчутний цибулевий	Відчутний аромат цибулі	Пекучий, гострий, є відтінок цибулі	4,263±0,097
Настоювання із зеленим чаєм, ефірною олією м'яти, цедрою лимону	Аромат ефірної олії м'яти і лимону	Ефірної олії м'яти, присутн цибулевий відтінок	Пекучий, гострий, є відтінок цибулі	4,446±0,103
Настоювання з екстрактом чорного чаю	Відсутній аромат цибулі	Відсутній аромат цибулі	Пекучий, гострий, без відтінку цибулі	4,918±0,026
Настоювання з екстрактом кори дуба	Цибулевий аромат	Цибулевий аромат	Цибулевий аромат	1,636±0,152

Поліфеноли взаємодіють з білками, тісно пов'язані з їх структурою та концентрацією, а також параметрами розчину (рН, іонна сила, температура та концентрація спирту) [358]. Як правило, спорідненість поліфенолів до білків зменшується з підвищенням температури; однак поліфенол має сильнішу спорідненість з білком, коли рН розчину близький до ізоелектричної точки. Зв'язування з поліфенолами індукує зміни у вторинній структурі білка, в основному включають збільшення або зменшення α -спіралі, β -листа, β -повороту та випадкового завитка. Крім того, розчинність багатьох нековалентних комплексів білок-ТА знижена порівняно з вільними білками. Жорсткість розчину таніну пов'язана з взаємодією з білками слизової оболонки порожнини рота [368]. Інші функціональні властивості білків також можуть бути змінені через зв'язування з поліфенолами, такі як посилення або зниження термічної стабільності, покращення емульгуювальних властивостей, зміна точки гелю білків та

інгібування перетравлення та всмоктування білків [370, 371]. Дубильні речовини, що містяться в екстракті кори дуба, не вплинули на процеси ароматоутворення, і тому не спричинили інактивацію ферментів, які в них беруть участь. В результаті при подрібненні цибулі одразу утворювався характерний цибулевий аромат. Найбільш задовільні результати спостерігалися при використанні розчину зеленого чаю з ефірною олією м'яти та цедрою лимону, але маскування цибулевого аромату виявилось нестійким, і під час подальшої обробки цибулі цей аромат частково відновлювався.

Результати з екстрактами чаю призвели до висновку, що не всі ферменти, відповідальні за утворення аромату, інактивуються танінами зеленого чаю. Ймовірно, що саме аліінази припиняють свою активність через зв'язування з танінами чаю, а інші ферменти цибулі залишаються активними, тому аромат цибулі зберігається частково. Термін «ферменти аромату» описує комплекс ферментів, які беруть участь у процесах ароматоутворення. Інгібування ферментативних реакцій танінами чорного чаю, порошком гірчиці або імбиром призводить до припинення утворення цибулевого аромату, однак в різних ступенях. Це можна пояснити тим, що в цих реакціях бере участь комплекс ферментів, роль деяких з яких ще не з'ясована. Експерименти з радіоіндикаторами показали, що сульфоксиди S-алк(ен)ілцистеїну біосинтезуються з глутатіону, а інші ферменти цього шляху потребують подальших досліджень [363]. Коли рослинні тканини руйнуються під час дроблення чи різання, алііназа взаємодіє з S-алк(ен)ілцистеїнсульфоксидами, розриваючи їх C–S зв'язок. Це призводить до утворення сульфенової кислоти, піровиноградної кислоти та аміаку. Вплив гірничного порошку можна пояснити тим, що мірозіназа розщеплює цей зв'язок, утворюючи аромат, що відрізняється від цибулевого. Крім того, можливо, що алілізотіоціанат гірчиці також має додатковий вплив на ферментативні реакції.

На наступних етапах дослідження аналізували вплив ферментів гірничного порошку та його суспензії на реакції ароматоутворення цибулі без попереднього настоювання (табл. 3.19). Спочатку цибулю піддавали попередній обробці, що

включала очищення і промивання. Для приготування водної суспензії гірчиного порошку до сухого порошку додавали невелику кількість води до отримання рідкої консистенції. Кількість води не мала суттєвого впливу, оскільки вона використовувалась лише для активації ферменту мірозінази, і мінімальне зволоження було достатнім. Цибулю змішували з гірчициним порошком або його суспензією та подрібнювали в блендері до отримання однорідної маси, яку потім оцінювали за ароматом. Для визначення впливу комплексу ферментів гірчици на ароματοутворення цибулі використовували суспензію, в якій ферменти були інактивовані за допомогою нагрівання. Для порівняння інтенсивності впливу на ферментативні реакції цибулі також застосовували екстракт коріння хрону (який містить активні пероксидази) та двостадійну обробку – спочатку екстракт чорного чаю, а потім суспензію порошку гірчици.

Таблиця 3.19 – Зміни аромату цибулевого пюре і соку

Спосіб впливу на ферментативні реакції ароματοутворення	Опис аромату пюре через інтервал перевірки		Аромат соку з цибулі	Оцінка дегустаторів
	1-5 годин	6-12 годин		
Екстракт коріння хрону	Ледь відчутний аромат цибулі	Відчутний аромат цибулі	Пекучий з ароматом хрону	3,500±0,051
Суспензія гірчициного порошку	Відсутній цибулевий аромат	Відсутній цибулевий аромат	Пекучий	5,000±0,088
Суспензія гірчициного порошку з інактивованими ферментами	цибулевий аромат	цибулевий аромат	Цибулевий аромат	1,136±0,07
З порошком гірчици	Відсутній цибулевий аромат	Відсутній цибулевий аромат	Пекучий	4,927±0,03
З імбиром	Аромат імбиру, цибулевий відсутній	Аромат імбиру, цибулевий відсутній	Імбирний, є легкий відтінок цибулі	4,581±0,068
З екстрактом чорного чаю, а після цього суспензією гірчици	Відсутній цибулевий аромат	Відсутній цибулевий аромат	Овочевий аромат, пекучий відтінок	4,763±0,054

Зміни аромату цибулі спостерігалися миттєво як при використанні гірчициного порошку, так і при його поєднанні з водним розчином. Однак суспензія гірчициного порошку з інактивованим ферментним комплексом не

спричинила змін у запаху цибулі, що підтверджує ферментативну природу змін аромату, що відбуваються завдяки гірчиці.

Пероксидаза хрону частково вплинула на аромат цибулі, але цибулевий смак залишався незмінним. Найкращі результати були досягнуті при застосуванні порошку гірчиці чи його суспензії – аромат змінювався до 96 годин, після чого частково відновлювався. Комбінація суспензії гірчиці та екстракту чорного чаю створювала умови для утворення нових ароматичних компонентів, схожих на запах овочевого відвару. Цибуля з імбиром мала виражений аромат імбиру, проте в зразках соку також відчувався присмак цибулі. Застосування порошку гірчиці чи суспензії не мало суттєвих відмінностей, хоча суспензія надавала зручність у дозуванні та розподілі при перемішуванні. Кількість гірчичного порошку або суспензії прямо впливала на тривалість зміни аромату цибулі. Відчутний ефект зміни аромату цибулі зареєстрований від 6 % гірчиці до маси цибулі та, залежно від сорту цибулі, стійкість складала 72- 96 годин.

Дегустаційна комісія зробила такі висновки щодо використання гірчичного порошку для гальмування утворення цибулевого аромату:

- настоювання цілої цибулини у водній суспензії гірчиці призводить до гальмування утворення цибулевого аромату, роблячи цибулю деароматизованою після подрібнення;
- використання порошку гірчиці під час подрібнення цибулі повністю усуває цибулевий аромат у тонкоподрібненому пюре та соку;
- попереднє настоювання цибулі в екстракті чорного чаю, подрібнення її на 2-4 частини та занурення в суспензію гірчиці створює овочеві аромати при нагріванні або варінні;
- інактивація мірозінази та комплексу ферментів гірчиці шляхом нагрівання унеможливорює гальмування утворення цибулевого аромату.

Механізм дії ферментів цибулі полягає в тому, що в непошкоджених тканинах ферменти та субстрати відокремлені клітинною стінкою і не взаємодіють, поки не відбудеться пошкодження клітин. Під час пошкодження тканин фермент алііназа взаємодіє з S-алк(ен)ілцистеїнсульфоксидом (ACSO),

що спричиняє утворення сірковмісних сполук, які й визначають аромат. Для запобігання цим процесам можна застосовувати речовини, що інактивують ферменти та блокують їх взаємодію з субстратом, або використовувати ферменти, які швидше атакують субстрат, запобігаючи утворенню ароматичних сполук. Танінові кислоти можуть інгібувати ферменти, зокрема α -амілазу, а також ферменти, що беруть участь у процесі ароматоутворення в цибулі.

У представників роду *Allium* деякі ароматичні попередники можуть існувати у вигляді γ -глутаміл ACSO-пептидів. Ці пептидозв'язані S-алк(ен)ан-L-цистеїнсульфоксиди не слугують субстратами для аліїнази. Транспептидаза (EC 2.3.2.2) каталізує перенесення γ -глутамільної групи з ACSO на іншу амінокислоту, утворюючи вільний ACSO. У свою чергу, ACSO може взаємодіяти з аліїназою, що сприяє посиленню або формуванню запаху. В рослинах роду *Allium*, сімейства хрестоцвітих, бобових, а також у грибах і деяких бактеріях виявлені цистинліази (EC 4.4.1.8), відомі як β -цистатіонази. Ці ферменти є піридоксальзалежними та каталізують β -елімінування цистину з утворенням тіоцистеїну (CYS-SSH), що посилює сірчаний запах [362, 373].

Таким чином, наявність ферментів, таких як цистинліаза, транспептидаза та інших, поряд з аліїназою, пояснює часткове збереження їхньої активності в присутності танінів зеленого чаю. Це спонукало до пошуку нових речовин, здатних впливати на ферментативні процеси ароматоутворення як під час настоювання, так і при подрібненні цибулі. Аналогічно до цибулі, при руйнуванні тканин гірчиці активуються ароматоутворюючі ферменти, які в присутності води спричиняють утворення ізотіоціанатів – сполук, що визначають характерний запах, смак і пекучість гірчиці [374].

Дослідження показали, що цибульні продукти з додаванням імбиру мали виразний аромат імбиру, хоча в соку все ж відчувався легкий цибулевий присмак. Екстракти імбиру здатні пригнічувати активність α -амілази та α -глюкозидази *in vitro* [375]. Важливо, що ароматичні компоненти імбиру можуть маскувати запах цибулі на ранніх етапах приготування тонкоподрібненого пюре. Модифікація цибульного аромату може відбуватися через розрив вуглець-сіркових зв'язків.

Ймовірно, імбир впливає на ці зв'язки, змінюючи властивості сірковмісних ароматичних сполук. Зразки виробів (соку та пюре) з цибулі, в яких застосовувався імбир разом з гірчичним попроском були визнані найкращими за органолептичними показниками. При розробці рецептур функціональних або дієтичних харчових продуктів з цибулею, використання імбиру є обґрунтованим не тільки з точки зору покращення аромату. Імбир є джерелом фітохімічних речовин з сильною антиоксидантною дією та властивостями інгібіторів щодо ключових ферментів, пов'язаних з діабетом 2 типу [375]. Додаткове використання імбиру з метою гальмування реакцій утворення аромату цибулі є доцільним в технологіях виготовлення нутрицевтиків та функціональних продуктах за участю цибулі.

При подрібненні цибулі руйнуються клітини, що призводить до вивільнення пропантіального S-оксиду, який викликає сльозотечу. Раніше вважалося, що фактор сльозоточивості (LF – lachrymatory factor) утворюється неферментативним шляхом із 1-пропенсульфенової кислоти – продукту реакції аліінази з транс-(+)-S-(1-пропеніл)-L-цистеїнсульфоксидом. Проте дослідження Такехіро Камої виявили фермент синтазу сльозоточивого фактора (LFS), який дозволяє отримувати несльозоточиву цибулю [376]. Настоявання цибулі в екстрактах чаю або суспензії гірчичного порошку значно знижує активність сльозоточивого фактора. Отже, гірчичний порошок, а також екстракти імбиру, хрону, чорного та зеленого чаю мають інгібуючий ефект на ферменти, що відповідають за утворення аромату цибулі, завдяки комплексній дії різних ферментів, залучених до цього процесу.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Доведено, що обробка рослинної сировини зі зменшеною початковою вологістю, в МВ і при розрідженні 5–30 кПа призводить до посилення активності ароматотвірних ферментів. Зменшення початкової вологості досягається за рахунок уведення технологічної операції видалення клітинного соку або випарововування вологи. Знижений вміст Лл дає можливість для подальшого новоутворення ароматів при обробці рослинної сировини у вакуумі.

2. Клітинний сік накопичує у собі легколеткі компоненти, які є інгібіторами в процесах утворень *de novo* ароматичних компонентів під час отримання дистилятів. Спосіб збільшення виходу АР у дистилят без їх збитку для висушеної сировини полягає у попередньому зневодненні сировини. Матеріальний баланс переходу АК із сировини в конденсат свідчить, що після 14 ± 1 хв зневоднення при розрідженні 5–30 кПа число аромату збільшується від 17 мг/г до 20 мг/г, а в сировині – від 4,0 мг/г до 5,2 мг/г.

3. Внесення хлориду натрію у концентрації 12 ± 3 % сприяє реакціям ароматоутворення грибів гливи та білій кавуновій м'якоті за рахунок зменшення гідратної оболонки між рослинними ферментами та попередниками аромату.

4. Наведені порівняльні данні про ароматичний профіль рослинної сировини після варіння, заморожування та результати досліджень про участь ферментів в утворенні аромату *in vitro* при охолодженні (4 ± 1 °С, 36 год) свіжозібраних плодів шляхом перетворень попередників ліпідної природи. Представлені переваги впливу МВ енергії на попередники аромату порівняно з конвективним нагріванням шляхом ущільнення клітин рослинної сировини, селективного нагрівання ліпідної частини, збереження просторової конфігурації стереоізомерів.

5. Проаналізовано питання порівняння і оцінки рідких ароматизаторів (промислових і отриманих в лабораторних умовах) та встановлена відмінність у сприйнятті, ідентифікації продуктів із рідкими промисловими ароматизаторами,

що обумовлює необхідність подальших досліджень щодо відновлення втрачених ароматів з їх використанням. Доведено, що промислові ароматизатори (гарбуз, диня, кавун, огірок) й аромат, властивий плодам, відрізняються за складом та органолептичними показниками. Доведений вплив натуральних ароматизаторів на зміни у функціонуванні слинних залоз при ретроназальному сприйнятті.

6. Встановлено, що гарбузові плоди після термічної обробки втрачають загальний аромат через суттєве руйнування або зв'язування КС у порівнянні з іншими плодами (томати, солодкий перець, банани, смородина, суниця). Після термообробки аромат гарбузових відрізняється від приємного внаслідок овочевого «вареного» тону. Показано, що аромат гарбузових плодів після термообробки має ідентичні характеристики внаслідок спорідненого хімічного складу та схожих реакцій.

7. Спосіб теплової обробки плодів у конвективному та мікрохвильовому полі обумовлює відмінності у відтінках ароматів і демонструє перевагу МВ при перегонці ароматичних речовин. Встановлено на модельних системах, що попередники аромату продукують аромати завдяки подоланню гідрофільно-гідрофобного бар'єру під час впливу МВ енергії.

8. Доведено, що процес відновлення втраченого аромату у плодovій м'якоті можливий при використанні тонкоподрібненої рослинної сировини з активними LOX для збагачення органолептичного профілю термооброблених плодovих пюреподібних продуктів.

9. Показано, що GLVs утворюються переважно з попередників, які представлені вільними ПНЖК ліпідів цитоплазматичних мембран, завдяки окиснювальним процесам. Способи перетворень попередників у бажані АК залежать від спільної дії і специфічності комплексу LOXs/HPLs.

10. Виділено наступні фактори керованого впливу на реакції ароматоутворення: попереднє виділення клітинного соку, застосування розрідження до 30кПа, витримка плодів при низьких позитивних температурах, вплив мікрохвильової енергії, вивільнення зв'язаних карбонільних сполук, внесення комплексу ферментів тонкоподрібненої рослинної сировини.

11. Екстрактивні речовини рослин імбиру, хрону, гірчиці, зеленого та чорного чаю є інгібіторами рослинних ароматоутворюючих ферментів цибулі. Гальмування ферментативного утворення аромату цибулі відбувається за участю ферментів порошку гірчиці (переважно мірозінази), хрону (переважно поліфенолоксидази), танінами чорного та зеленого чаю, складовими компонентами імбиру, але в різній мірі, оскільки в процесі ароматоутворення задіяний не один фермент, а комплекс рослинних ароматоутворюючих ферментів.

Основні результати розділу опубліковані у працях: [1, 2-5, 8-12, 20, 24, 28, 30, 35- 37, 44, 47, 55, 69,73, 74].

Література до розділу 3:

274. Ravichandran R. Nanotechnology applications in food and food processing: innovative green approaches, opportunities and uncertainties for global market. *International Journal of Green Nanotechnology: Physics and Chemistry*. 2010. T. 1. №. 2. C. 72-96.
275. Sozer N., Kokini J. L. Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends in biotechnology*. 2009. T. 27. №. 2. P. 82-89.
276. De Luca Picione R. The semiotic paradigm in psychology. A mature weltanschauung for the definition of semiotic mind. *Integrative psychological and behavioral science*. 2020. 54(3). 639-650.
277. Divergent Ah receptor ligand selectivity during hominin evolution / T. D. Hubbard, I. A. Murray, W. H. Bisson, A. P. Sullivan, A. Sebastian. *Molecular biology and evolution*. 2016. T. 33. №. 10. C. 2648-2658.
278. Matthijs G., Borry P. The Human Recipe: Understanding Your Genes in Today's Society. In: *The Human Recipe*, 2016. 220 p.
279. Shi J., Cao, C., Xu J., Zhou C. Research advances on biosynthesis, regulation, and biological activities of apocarotenoid aroma in horticultural plants. *Journal of Chemistry*. 2020. (1). 2526956.
280. Valette L., Fernandez X., Poulain S. Volatile constituents from Romanesco cauliflower. *Food chemistry*. 2003. T. 80. №. 3. C. 353-358.
281. Talens P., Escriche I., Martínez-Navarrete N., Chiralt A. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. *Food Research International*. 2003. T. 36. №. 6. C. 635-642.
282. Cho Mi Jin., Buescher R. Degradation of cucumber flavor aldehydes in juice. *Food Research International*. 2011. №44(9). C. 2975-2977.
283. Spence C. What is the relationship between the presence of volatile organic compounds in food and drink products and multisensory flavour perception?. *Foods*. 2021. 10(7). 1570.

284. Pham N. D., Khan M. I. H., Karim M. A. A mathematical model for predicting the transport process and quality changes during intermittent microwave convective drying. *Food chemistry*. 2020. 325. 126932.
285. Тележенко Л.Н., Безусов А.Т. Биологические активные вещества фруктов и овощей и их сохранение при переработке. Одесса: Изд-во «ОПТИМУМ», 2004. 268 с.
286. Jabłońska J., Tawfik, D. S. The number and type of oxygen-utilizing enzymes indicates aerobic vs. anaerobic phenotype. *Free Radical Biology and Medicine*. 2019. 140. P. 84-92.
287. Buescher R.W., McGuire C., Skulman B. Catalase, lipoxygenase, and peroxidase activities in cucumber pickles as affected by fermentation, processing, and calcium chloride / R.W. Buescher. *J Food Sci*. 1987. № 52. C.228-229.
288. Matteucci M. Cold affects the transcription of fatty acid desaturases and oil quality in the fruit of *Olea europaea* L. genotypes with different cold hardiness / M.Matteucci, S.D'angeli, S.Errico, R.Lamanna, G.Perrotta, M. M. Altamura. *Journal of experimental botany*. 2011. C. 3403-3420.
289. Adigun O. A., Nadeem M., Pham T. H., Jewell L. E., Cheema M., Thomas R. Recent advances in bio-chemical, molecular and physiological aspects of membrane lipid derivatives in plant pathology. *Plant, cell & environment*. 2021. 44(1). P. 1-16.
290. Sinetova M. A., Los D. A. New insights in cyanobacterial cold stress responses: Genes, sensors, and molecular triggers. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*. 2016. 1860(11). P. 2391-2403.
291. Sharma P., Lakra N., Goyal A., Ahlawat Y. K., Zaid A., Siddique K. H. Drought and heat stress mediated activation of lipid signaling in plants: a critical review. *Frontiers in Plant Science*. 2023. 14. 1216835.
292. Zhang C., Tian S. Peach fruit acquired tolerance to low temperature stress by accumulation of linolenic acid and N-acylphosphatidylethanolamine in plasma membrane. *Food Chemistry*. 2010. T. 120. №. 3. C. 864-872.

293. Wang C., Xing J., Chin C. K., Ho C. T., Martin C. E. Modification of fatty acids changes the flavor volatiles in tomato leaves. *Phytochemistry*. 2001. 58(2). P. 227-232.
294. Shimizu H., Iwamoto S. Problems of lipid oxidation in minced meat products for a ready-made meal during cooking, processing, and storage. *Reviews in Agricultural Science*. 2022. 10. P. 24-35.
295. Diamantopoulou P., Papanikolaou S., Komaitis M., Aggelis G., Philippoussis A. Patterns of major metabolites biosynthesis by different mushroom fungi grown on glucose-based submerged cultures. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2014. 37. P 1385-1400.
296. Herzog S., Brinkmann H., Vences M., Fleißner A. Evidence of repeated horizontal transfer of sterol C-5 desaturase encoding genes among dikarya fungi. *Molecular phylogenetics and evolution*. 2020. 150. 106850.
297. Mishra P., Sahu P. P. (Eds.). Biosensors in food safety and quality: Fundamentals and applications. CRC Press, 2022. 273 p.
298. Пат. на корисну модель 44630 Україна МПК7 А21D 2/38 (2006.01), А21D 8/02 (2006.01) Спосіб виробництва поліфункціональної солодової добавки та борошняних виробів з її використанням / Дубова Г.Є., Антюхова О.М., Рогова А.Л. № u200904128 заявл. 27.04.2009 ; опубл. 12.10.2009, бюл. № 19/2009.
299. de Jesus S. S., Filho R. M. Optimizing drying conditions for the microwave vacuum drying of enzymes. *Drying Technology*. 2011. № 29(15). С.1828-1835.
300. Osipova L. A. Burdo K., Iovcheva I. A. Use of microwave energy to retrieve the extractives from leaves of blacks currants. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2014. С. 17.
301. Lucchesi M. E., Chemat F., Smadja J. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography a*, 2004. 1043(2). P. 323-327.

302. Solvent-free microwave extraction of essential oil from *Dryopteris fragrans* and evaluation of antioxidant activity / X. J. Li, W. Wang, M. Luo, C. Y. Li та ін. *Food chemistry*. 2012. Т. 133. №. 2. С. 437-444.
303. Chanachai A., Meksup K., R. Jiratananon Coating of hydrophobic hollow fiber PVDF membrane with chitosan for protection against wetting and flavor loss in osmotic distillation process. *Separation and Purification Technology*. 2010. № 72(2). С.217-224.
304. Бурдо О. Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе-вода». Одесса: ОНАПТ, 2007.176 с.
305. Alhattab M., Kermanshahi-Pour, A., Brooks M. S. L. Microalgae disruption techniques for product recovery: influence of cell wall composition. *Journal of Applied Phycology*. 2019. 31. 61-88.
306. Энергетический анализ пищевых нанотехнологий / О. Г. Бурдо С. Г.Терзиев, Н. В.Ружицкая, Т. Л.Макиевская. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2012. №. 41 (2). С. 19-25.
307. Alaşalvar H., Erinç H., Salur F., Özbey A. Production of conjugated linoleic acid by microwave-assisted and ultrasound-assisted alkali isomerization: effects of microwave power and ultrasound amplitude. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2019. 96(7). P. 839-846.
308. Green C., Pucarelli F., Mankoo A., Manley C. Recreating flavors from nature. *Food technology*. 2004. № 58(11). С. 28-34.
309. Sell C. S. Fundamentals of fragrance chemistry. John Wiley & Sons, 2019. 416 p.
310. Sharma A., Kumar R., Aier I., Semwal R., Tyagi P., Varadwaj P. Sense of smell: structural, functional, mechanistic advancements and challenges in human olfactory research. *Current neuropharmacology*. 2019. 17(9). P. 891-911.
311. Wee S. L., Tye C.T., Bhatia S. Membrane separation process – pervaporation through zeolite membrane. *Separation and Purification Technology*. 2008. Т. 63. №. 3. С. 500-516.

312. Yang S., Jasim S. A., Bokov D., Chupradit S., Nakhjiri A. T., El-Shafay A. S. Membrane distillation technology for molecular separation: a review on the fouling, wetting and transport phenomena. *Journal of Molecular Liquids*. 2022. 349. 118115.
313. Ross A. C., Caballero B., Cousins R. J., Tucker K. L. Modern nutrition in health and disease. Jones & Bartlett Learning, 2013. 1646 p.
314. Leffingwell J. C., Alford E. D., Leffingwell D. Volatile Constituents of Commercial Canned Pumpkin Puree (ex Cucurbita moschata) by Dynamic Headspace Analysis. *Leffingwell Reports*. March 2015. Vol. 7 (No. 3). 1-6.
315. Fast quantitative determination of aroma volatile constituents in melon fruits by headspace–solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry / A.Verzera, G. Dima, G.Tripodi, M. Ziino та ін. *Food Analytical Methods*. 2011. Т. 4. №. 2. С. 141-149.
316. Боднар І., Ільков О., Горбулінська С., Боднар Л. Порівняльна характеристика харчових ароматизаторів різних виробників щодо мутагенної активності. *Вісник Львівського університету*. Сер.: Біологічна. 2014. №. 64. С. 193-199.
317. Avilov O. V. Individual characteristics of students' reactions to the effects of aromas. *News of the Scientific Center*. 2004. № 25. С. 63-67.
318. Lester S., Hurst K., Cornacchia L., Kleijn M., Ayed C., Dinu V., Fisk I. The relation between stimulated salivary flow and the temporal consumption experience of a liquid oral nutritional supplement. *Appetite*. 2021. 166. 105325.
319. Muñoz-González C., Feron G., Canon F. Main effects of human saliva on flavour perception and the potential contribution to food consumption. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2018. 77(4). 423-431.
320. Nogourani M. K., Janghorbani M., Beheshti M. H. Effects of chewing different flavored gums on salivary flow rate and pH. *International Journal of Dentistry*. 2012. 569327.

321. The relation between saliva flow after different stimulations and the perception of flavor and texture attributes in custard desserts / L. Engelen, R. A. de Wijk, J. F. Prinz та ін. *Physiology & behavior*. 2003. Т. 78. №. 1. С. 165-169.
322. Studies of some aspects in the process of aroma restoration / [H. E. Dubova, V. A. Sukmanov, A. I. Marynin, V. B. Zakharevich, V. I. Voskobjnyk] // *Food and raw materials*. 2016. Vol. 4. № 1. С. 19–26.
323. Relationship of ethylene biosynthesis to volatile production, related enzymes, and precursor availability in apple peel and flesh tissues / B. G. Defilippi, A.M.Dandekar, A. A. Kader // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Т. 53. №. 8. С. 3133-3141.
324. Saad A. M., Mohamed A. S., Ramadan M. F. Storage and heat processing affect flavors of cucumber juice enriched with plant extracts. *International Journal of Vegetable Science*. 2021. 27(3). P. 277-287.
325. Du X., Davila M., Ramirez J., Williams C. Free amino acids and volatile aroma compounds in watermelon rind, flesh, and three rind-flesh juices. *Molecules*. 2022. 27(8). 2536.
326. Verheul M. J., Slimestad R., Johnsen L. R. Physicochemical changes and sensory evaluation of slicing cucumbers from different origins. *European journal of horticultural science*. 2013. Т. 78. №. 4. С. 176-183.
327. Maalekuu K., Elkind Y., Leikin-Frenkel A., Lurie S., Fallik E. The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2006. 42(3), 248-255.
328. Huang C., Sun P., Yu S., Fu G., Deng Q., Wang Z., Cheng S. Analysis of volatile aroma components and regulatory genes in different kinds and development stages of pepper fruits based on non-targeted metabolome combined with transcriptome. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. 24(9). 7901.
329. Xiao Z., Lu J. R. Generation of acetoin and its derivatives in foods. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2014. 62(28). 6487-6497.

330. Mashilo J., Shimelis H., Ngwepe R. M. Genetic resources of bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.) and citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides* (LH Bailey) Mansf. ex Greb.)-implications for genetic improvement, product development and commercialization: A review. *South African Journal of Botany*. 2022 .145. 28-47.
331. Rico X., Gullón B., Alonso J. L., Yáñez, R. Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: An overview. *Food Research International*. 2020. 132. 109086.
332. Бойко Л. Пріоритети розвитку підприємництва зі створенням інноваційних продуктів. *Агросвіт*. 2020 № 15. С.1-7.
333. Buescher R. H., Buescher R. W. Production and stability of (E, Z)-2, 6-nonadienal, the major flavor volatile of cucumbers. *Journal of food science*. 2001. Т. 66. №. 2. С. 357-361.
334. Al-Sayed H. M., Ahmed A. R. Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Annals of Agricultural Sciences*. 2013. № 58(1). С. 83-95.
335. Simonne A., Carter M., Fellers R. Chemical, physical and sensory characterization of watermelon rind pickles. *Journal of food processing and preservation*. 2003. № 26(6). С. 415-431.
336. Льовщина Л. Д. Товарознавство плодовоовочевих товарів, пряно-ароматичних рослин та прянощів: навч. посіб. / Л.Д. Льовщина, В.М. Михайлов, О.В. М'ячиков. К.: Ліра К. 2010. 388 с.
337. Біохімія плодів та овочів / В. В. Євлаш, О. П. Прісс, М. Є. Сердюк., Л. Ф. Павлоцька, Л. А. Скуріхіна, Н. В. Дуденко, О. І. Сухаренко Навчальний посібник. Мелітополь, УНБДР, Меда. 2019. 205с.
338. Olayinka B. U., Etejere E. O. Proximate and Chemical Compositions of Watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai cv Red and Cucumber (*Cucumis sativus* L. cv Pipino). *International Food Research Journal*. 2018. 25(3).1060-1066.

339. Грень А. И. Химия вкуса и запаха мясных продуктов / А. И. Грень, Л. Е. Высоцкая, Т. В. Михайлова. Киев: Наукова Думка, 1985. 98 с.
340. Nursten H. E. The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications. *Australian Journal of Chemistry*. 2005. 58(10). P. 756-756
341. Penfield S. Seed dormancy and germination. *Current Biology*. 2017. 27(17), R.874-R878.
342. Stolterfoht H., Rinnofner C., Winkler M., Pichler H. Recombinant lipoxygenases and hydroperoxide lyases for the synthesis of green leaf volatiles. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2019. 67(49). 13367-13392.
343. Бабенко Л.М., Косаківська І. В. Ліпоксигенази рослин: структура і функції *Вісник Запорізького державного університету*. 2004. №1. С.23-29.
344. Zheng H., Lu H. Effect of microwave pretreatment on the kinetics of ascorbic acid degradation and peroxidase inactivation in different parts of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) during water blanching. *Food chemistry*. 2011. Т. 128. №. 4. С. 1087-1093.
345. Nielsen G. S. Poll L. Determination of odor active aroma compounds in freshly cut leek (*Allium ampeloprasum* var. Bulga) and in long-term stored frozen unblanched and blanched leek slices by gas chromatography olfactometry analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2004. Т. 52. №. 6. С. 1642-1646.
346. Mok D. K. W., Chau F. T. Chemical information of Chinese medicines: A challenge to chemist. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2006. Т. 82. №. 1-2. С. 210-217.
347. Liang Y. Z., Xie P., Chan K. Quality control of herbal medicines. *Journal of chromatography B*. 2004. Т. 812. №. 1-2. С. 53-70.
348. Блюменталь Х. Наука кулінарії або молекулярна гастрономія / Х.Блюменталь. 2007. [Електронний ресурс] Режим доступу http://lux.e-reading.bz/bookreader.php/105747/Nauka_kulinarii_ili_molekulyarnaya_gastronomiya.pdf.
349. Guinee T., O’Kennedy B. Reducing salt in cheese and dairy spreads. In: Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2007. С. 316–357.

350. Liu X., Zhou Y., Xiao J., Bao F. Effects of chilling on the structure, function and development of chloroplasts. *Frontiers in plant science*. 2018. 9. 1715.
351. The defective in anther dehiscence1 gene encodes a novel phospholipase A1 catalyzing the initial step of jasmonic acid biosynthesis, which synchronizes pollen maturation, anther dehiscence, and flower opening in Arabidopsis / [S. Ishiguro, A.Kawai-Oda, J. Ueda, I.Nishida, K.Okada] // *The Plant Cell*. 2001. T. 13. №. 10. C. 2191-2209.
352. Mosblech A., Feussner I., Heilmann I. Oxylipins: structurally diverse metabolites from fatty acid oxidation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2009. 47(6). 511-517.
353. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer / [M.Valko, C.Rhodes, J.Moncol, M. M.Izakovic, M.Mazur] // *Chemico-biological interactions*. 2006. T. 160. №. 1. C. 1-40.
354. Marangoni A. G. Lipases: structure, function, and properties. In *Lipid biotechnology* CRC Press, 2002. P. 416-448.
355. Ahangari H., King J. W., Ehsani A., Yousefi M. Supercritical fluid extraction of seed oils—A short review of current trends. *Trends in Food Science & Technology*, 2021.111. P. 249-260.
356. Moaddabdoost Baboli Z., Safe Kordi A. A. Characteristics and composition of watermelon seed oil and solvent extraction parameters effects. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2010. T. 87. №. 6. C. 667-671.
357. Barrett D. M., Beaulieu J. C., Shewfelt R. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2010. 50(5). P. 369-389.
358. Дубова Г. Є., Левчук І.В., Галкін О.Ю., Хмельницька Є.В., Поєдинок Н. Л. Нові підходи до використання рослинних ароматотвірних ферментів. *Innov Biosyst Bioeng*. 2023. Vol.7 (2). C. 42-59.

359. Селезньов К.Г. Спосіб усунення запаху цибулі. Патент України № 125956 на корисну модель, заявка № u201800650 від 23.01.2018, опубл. 25.05.2018 бюл.10.
360. Wieczorek M.N., Drabińska N. Flavour Generation during Lactic Acid Fermentation of Brassica Vegetables – Literature Review. *Applied Sciences*. 2022. 12(11). P. 5598.
361. Bhattacharya A., Li Y., Wade K.L., Paonessa J.D., Fahey J.W., Zhang Y. Allyl isothiocyanate-rich mustard seed powder inhibits bladder cancer growth and muscle invasion. *Carcinogenesis*. 2010. 31(12). 2105-2110.
362. Potter N.N., Hotchkiss J.H. Food science. Springer Science & Business Media, 2012. 619 p.
363. Bhat R., Vyas D. Myrosinase: insights on structural, catalytic, regulatory, and environmental interactions. *Critical reviews in biotechnology*. 2019. 39(4). P. 508-523.
364. Ismail N.N., Uthumporn U., Cheng L.H., Esa, A.B. Effect of tea polyphenols on α -amylase activity in starch hydrolysis. *Sains Malaysiana*, 2018. 47. P. 731-739.
365. Smeriglio A., Barreca D., Bellocco E., Trombetta D. Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British journal of pharmacology*. 2017.174(11). P. 1244-1262.
366. Lou W., Bezusov A., Li B., Dubova H. Recent advances in studying tannic acid and its interaction with proteins and polysaccharides. *Food science and technology*. 2019. Vol. 13, Issue 3. P. 65-69.
367. Qiu C., Huang Y., Li A., Ma D., Wang Y. Fabrication and characterization of oleogel stabilized by gelatin-polyphenol-polysaccharides nanocomplexes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018. 66(50). P. 13243-13252.
368. Elsa Brandão, Silva MS, Ignacio GarcíaEstévez, et al. The role of wine polysaccharides on salivary protein-tannin interaction: a molecular approach. *Carbohydr Polym*. 2018. 177. P. 77-85.
369. Ozdal T., Capanoglu E., Altay F. A Review on protein-phenolic interactions and associated changes. *Food Research International*. 2013. 51(2). P. 954-970.

370. Bordenave N., Hamaker B. R., Ferruzzi M.G. Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods. *Food and function*. 2014. 5(1). P. 18-34.
371. Le Bourvellec C., Renard CMGC. Interactions between polyphenols and macromolecules: quantification methods and mechanisms. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2012. 52(3). P. 213-248.
372. Lou W., Chen Y., Ma H., Liang G., Liu B. Antioxidant and α -amylase inhibitory activities of tannic acid. *J Food Sci Technol*. Sep. 2018. 55(9). P. 3640–3646.
373. Friedrich K., Wermter N.S., Andernach L., Witzel K., Hanschen F.S. Formation of volatile sulfur compounds and S-methyl-L-cysteine sulfoxide in Brassica oleracea vegetables. *Food Chemistry*. 2022. 383. 132544.
374. Eib S., Schneider D.J., Hensel O., Seuß-Baum I. Relationship between mustard pungency and allyl-isothiocyanate content: A comparison of sensory and chemical evaluations. *Journal of Food Science*. 2020. 85(9). P. 2728-2736.
375. Adefegha AOASA, Oboh G., Akinyemi A.J., Ademiluyi A.O. Inhibitory effects of aqueous extract of two varieties of ginger on some key enzymes linked to type-2 diabetes in vitro. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2010. 49(1). P. 14-20.
376. Takahiro Kamoi. Discovery of overlooked enzyme in onion and its application, Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements. 2019. 194(7). P. 698-700.

РОЗДІЛ 4

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕРЕДНИКІВ АРОМАТУ В ГАЛУЗІ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вивчення процесів ароматутворення з попередниками ліпідної природи пов'язане з великими методичними труднощами, тому процеси їх перетворення у результаті теплової, фізичної або комбінованої дії на рослинну сировину мало висвітлені в наукових публікаціях. Для багатьох харчових продуктів альтернативні шляхи ароматизації зазвичай не розглядаються, але із розвитком технологічного обладнання та технологій виникає безліч нових можливостей для використання інноваційних методів оброблення та впливу на органолептичний профіль. Враховуючи досліджені можливості використання попередників аромату, у цьому розділі досліджені такі основні позиції, як:

- якісна та кількісна достатність попередників у гарбузових плодах;
- дослідження специфічних умов реакцій попередників у формуванні аромату гарбузових плодів;
- взаємозв'язок між фізичним впливом, швидкістю реакцій, властивостями попередників і кінцевими продуктами реакцій утворення ароматів гарбузових плодів;
- властивості попередників аромату макроміцетів.

Компоненти ліпідної природи (LN, LNL та їх похідні), що розглядаються в якості попередників свіжого зеленого запаху, грибного аромату в клітинних структурах пов'язані з білковими молекулами або являють собою певну емульсію. У сучасній науковій літературі такі емульсії часто називають «наноемульсії» з діаметром крапель 10–200 нм, які отримують, наприклад, після обробки в гомогенізаторах з клапаном високого тиску або мікрофлюїдизаторах. Тому процеси, які досліджуються далі, мають приналежність до нанотехнологій.

4.1 Технології використання попередників аромату ліпідної природи

4.1.1 Аналіз кількісного та якісного складу ліпідів рослинної сировини

Відомо, що вміст ліпідів у рослинній сировині (не жироподібній) становить майже 1–1,5 %. Продукти окиснення ліпідів рослинної сировини беруть участь у формуванні леткого складу аромату та по-різному впливають на його органолептичні властивості. Дефіліп Б. Г. зі співробітниками довів, що склад жирних кислот також має різний характер розподілу серед тканин і обумовлює відмінності в ароматі між шкіркою і м'якоттю тканин плоду. Вміст жирних кислот був вищим у шкірці, ніж у м'якоті, зі значними відмінностями в рівні ЛН і ЛНЛ кислот, що беруть участь у процесі продукування гексаналю і (2Е)-гексеналю, відповідно [323].

Від жирнокислотного складу харчового продукту залежить тип продуктів розкладання жирних кислот і, відповідно, аромат. Дослідження жирнокислотного складу баштанних плодів проведений нами для прогнозування ферментативних процесів за участю ліпоксигеназ, що розщеплюють ЖК до гідроперекисів, а потім до C₆-C₉ карбонільних сполук (табл. 4.1, додаток В).

Таблиця 4.1 – Вміст жирних кислот (ЖК) у кавуні та гарбузі, % від загальної кількості (p≤0,95)

Жирні кислоти	Кавун	Гарбуз	Кавун	Гарбуз
	свіжі плоди		оброблені гідротермічно	
Капронова, C _{6:0}	5,44	4,83	4,81	3,38
Міристинова, C _{14:0}	6,71	–	6,02	–
Пальмітинова, C _{16:0}	15,29	11,69	15,68	14,35
Пальмітолеїнова, C _{16:1}	–	4,15	–	3,91
Стеаринова, C _{18:0}	5,012	6,01	6,74	9,99
Олеїнова, C _{18:1}	17,27	20,94	10,25	22,37
Лінолева, C _{18:2}	31,81	37,49	33,96	30,92
Ліноленова, C _{18:3}	9,15	12,34	10,12	12,92
Арахідонова, C _{20:0}	–	0,67	–	–
Інші ЖК	7,03	1,88	10,55	2,81

Лінолева та ліноленова кислоти становлять 30–40 % загальної кількості жирних кислот ліпідів, екстрагованих із кавунової м'якоти, гарбуза. Жирнокислотний склад огірка детально досліджений у літературних джерелах, у зв'язку із затребуваністю специфічного огіркового аромату [377]. Наводяться дані, що в плодах огірка міститься LN кислоти 41 ± 3 %, LNL – 15 ± 1 % від загального вмісту ЖК [378]. Звертають увагу дані щодо збільшення ПНЖК у гідротермічно оброблених плодах на 1,5-2 % порівняно зі свіжими плодами. Таким чином, попередники ароматичних компонентів в гідротермічно оброблених плодах залишаються у початковій концентрації.

Реакції ферментативного утворення ароматичних компонентів із ліпідів істотно відрізняються і залежать від того виступає попередником лінолева кислота чи ліноленова. Крім того, система подвійних зв'язків ПНЖК іноді змінюється при ізомеризації в кон'юговану конфігурацію, наприклад, у 9-цис, 11-транс лінолеву кислоту. Із ненасичених жирних кислот, їх ізомерів утворюються 2-гептаналь, гексаналь, 1-октен-3-он, транс-2-цис-6-нонадіеналь і транс-2-гексенал. Ці сполуки дають запахи, характерні, відповідно, для свіжих грибів, огірків і томатів та ін. Перелік ароматичних сполук, що утворюються в результаті вільнорадикальних реакцій ПНЖК, включає велику кількість найменувань, які використовуються як чисті ароматичні компоненти [77, 379]:

- ацетальдегід – ефірний, винний, цитрусовий [FEMA - 2003, CoE - 89]
- гексаналь – зелений, фруктовий, яблучний [FEMA - 2557, CoE - 96]
- 2-гексеналь – зеленого листя, сливовий [FEMA -2560, CoE - 748]
- 2,6-нонадіеналь – огірковий, фіалковий [FEMA -3357, CoE - 659]
- 6-ноненаль – овочевий, динний, свіжий [FEMA - 3580, CoE - 661]
- 3-гексеналь – травянистий, зелений [FEMA -2561, CoE - 2008]

Залежно від швидкості окиснення ліпідів у продуктах концентрація карбонільних сполук і аромат, пов'язаний з ними, змінюються. На стадії початку окиснення у поліненасичених жирних кислотах при відриві атома водню швидко утворюються кон'юговані подвійні зв'язки. Виявлення дієнової кон'югації є чутливим тестом на появу гідроперекисів [380]. До первинних продуктів реакції окиснення ПНЖК ліпідів у рослинах відносять 9-, 13-гідроперекиси.

Збільшення кількості гідроперекисів у рослинній сировині після різної кулінарної обробки (гідротермічно, у мікрохвильовій печі, приготування під тиском, запікання, смаження, випічка) доведено роботами А. М. Гіменец-Монреаль, який разом зі співавторами досліджував 20 овочів на наявність ліпопероксидних і гідроксильних радикалів. Установлено, що найбільша кількість гідроперекисів ліпідів утворюється після гідротермічної обробки порівняно з іншими способами теплової обробки [381]. Залежно від виду овочу запікання і мікрохвильове приготування призвели до найнижчих втрат антиоксидантної активності, тоді як приготування у скороварці та кипіння призводять до найбільших втрат, а смаження займає проміжне становище.

Оскільки в ланцюгах ненасичених жирних кислот існують численні позиції для утворення гідропероксида, у результаті реакцій β -розщеплення утворюється багато різних продуктів. У свіжих плодах гідроперекиси утворюються під дією тканинних ліпоксигеназ, які після подрібнення сировини інтенсивно беруть участь у ферментативних реакціях. Аналіз утворення дієнових кон'югатів і гідроперекисів, малонового діальдегіду був проведений після різних способів технологічної обробки, у тому числі й ферментативної (табл. 4.2). Виміри проводили протягом 1–2 хвилин після закінчення пробопідготовки.

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти поглинання світла продуктами первинного та вторинного окиснення ліпідів ($p \leq 0,95$)

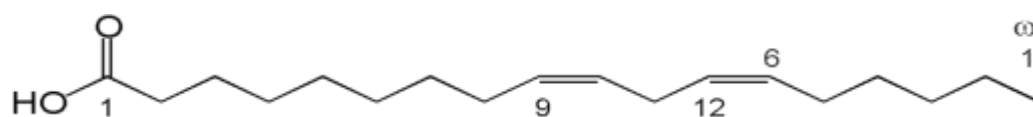
Продукт	Коефіцієнт поглинання світла	
	Гідропероксиди	Малондіальдегіди
Гарбуз сирий	$D_{233} = 0,078$	$D_{532} = 8,27$
варений	$D_{233} = 0,05$	$D_{532} = 15,79$
заморожений	$D_{233} = 0,071$	$D_{532} = 10,13$
Чорна смородина	$D_{233} = 72,00$	$D_{233} = 27,70$
Солодкий перець	$D_{233} = 55,20$	$D_{233} = 18,50$
Вишня	$D_{233} = 64,33$	$D_{233} = 21,65$
Плоди огірка сирі	$D_{233} = 0,016$	$D_{532} = 4,51$
варені	$D_{233} = 0,038$	$D_{532} = 9,02$
заморожені	$D_{233} = 0,025$	$D_{532} = 6,85$
М'якоть кавуна свіжа	$D_{233} = 0,096$	$D_{532} = 27,00$
варена	$D_{233} = 0,015$	$D_{532} = 13,57$
заморожена	$D_{233} = 0,128$	$D_{532} = 35,04$

У розморожених плодах утворення гідроперекисів співпадає з активацією комплексу ферментів, у тому числі гідропероксидліаз, які швидко вступають в реакцію з ними. Тому отримані значення можуть лише частково відображати дійсне накопичення гідроперекисів після розморожування. Продукти окиснення ліпідів утворюються в найбільшій кількості після обробки екзогенними ферментами знежиреного соєвого шроту. У плодах огірка та гарбуза співвідношення лінолевої і ліноленової кислот відрізняється, тому низьке значення продуктів окиснення ПНЖК в огірках може вказувати на те, що в першу чергу в окиснювальних процесах бере участь ліноленова кислота. Підтверджувальним фактом є значення МДА – вихід МДА в ході окиснення ліпідів залежить від жирнокислотного складу, причому більш ненасичені жирні кислоти дають більше МДА. Беремо до уваги факт, що поліфеноли, антоціани, каротиноїди й L-аскорбінова кислота до певної міри не перешкоджають окиснювальним процесам випробовуваних зразків, а визначають їх напрям. У результаті розщеплювання гідроперекисів відповідними ферментами та подальших перетворень відбувається утворення різноманітних плодових ароматів: альдегідних і спиртових похідних з укороченим ланцюгом (4-гідрокси-2-ноненаль, гексаналь і гексенал, 2-октеналь, 2,4-декадіеналь, пропаналь, 2-пентаналь, 2,4-гептадіеналь, 3-гексаналь, 2,5-октадіеналь, 2,4,7-декатриеналь, 2-октеналь, 2,4-декадіеналь, 3-ноненаль), низькомолекулярні продукти (етан, пентан), епоксиди та малоновий діальдегід (МДА). Іноді вміст кон'югованих дієнів і гідроперексидів ліпідів використовують взаємозамінно, оскільки багато гідроперексидів ліпідів містять кон'юговані дієнові системи.

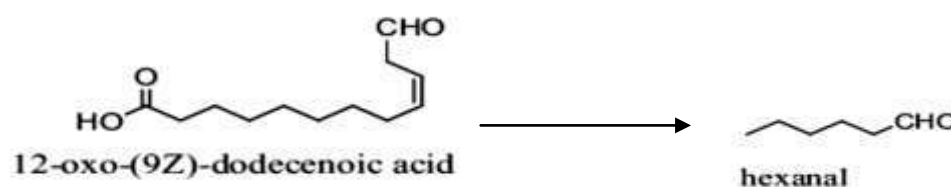
У термообробленій сировині через теплову інактивацію тканинних ферментів гідроперекиси практично не утворювалися як у кавуновій м'якоті, так і в чорній смородині, вишні, солодкому перці. У гарбузі вміст гідроперекисів зменшився, через участь каротиноїдів в окиснювальних процесах.

Первинні продукти окиснення ліпідів нелеткі, тому не беруть участі безпосередньо в утворенні запахів. На пізніших стадіях окиснення концентрація гідроперекисів знижується. У міру уповільнення швидкості їх утворення

швидкість розщеплювання гідроперекисів і утворення ароматичних компонентів збільшується. Продукти розщеплювання ПНЖК часто містять подвійні зв'язки та (у деяких випадках) неушкоджені пентадієнові системи. Ці системи подвійних зв'язків можуть піддаватися відриву атома водню або атаці синглетного кисню, що призводить у результаті до утворення додаткових продуктів розкладання і унікальних ароматів. Якщо гідроперексид локалізований на 9-му атомі вуглецю або на 13-му атомі вуглецю, а β -розщеплення відбувається з боку метильного кінця молекули, то гідроперексид спершу розкладається з утворенням алкоксильного радикала, а потім з утворенням двох продуктів реакції: 9-оксоноаноата та вінільного радикала на 9-му атомі вуглецю (олефінового радикала). Ці вінільні радикали часто взаємодіють з гідроксильними радикалами з утворенням альдегідів, даючи, таким способом, 3-ноненаль [382]. Типовими продуктами реакції β -розщеплення алкоксильного радикала при 12-му атомі вуглецю є 9-ундеценат і 2-гептеналь (при розщеплюванні по кінцю карбонової кислоти):



і 12-оксо-9-додеценат і гексаналь (при розщепленні по метильному кінцю жирної кислоти):



Гідроперексид лінолевої кислоти може піддаватися β -розщепленню і по карбоксильному кінцю жирної кислоти, коли після утворення алкоксильного радикала утворюються октаноат і 2,4-декадієналь [382]. Отже, нами зроблений висновок, що в термообробленій сировині кількість попередників ліпідної природи, а саме ПНЖК, не зменшується у порівнянні зі свіжими зразками, які володіють свіжим запахом. Цей факт беремо за основу для обґрунтування необхідної кількості ПНЖК і вважаємо недоцільною технологічну операцію –

додаткове внесення попередників ліпідної природи у процесі відновлення аромату термооброблених плодів. Але участь вільних форм попередників потребує уточнення.

Оскільки ПНЖК і їх ізомери розподілені та сконцентровані нерівномірно в різних відсіках клітини, по-різному побудовані (моногліцериди та полігліцериди), що впливає на протікання окиснювальних процесів та їх результати. Кислотне число ліпідів у харчових продуктах є мірою їх гідролізу, оскільки кількість вільних кислот у природних жирах, як правило, незначна (хоча і відрізняється від нуля). Гідроліз, що протікає під час теплової обробки, супроводжується інтенсивним окисненням, оскільки швидкість окиснення вільних жирних кислот значно вища, ніж, наприклад, тригліцеридів, до складу яких вони входять у зв'язаному вигляді. Нами досліджувалось свіже та проварене пюре з гарбуза та дині – субстрати з інактивованою ферментною системою. Вплив тривалості теплової обробки (після короткочасного проварювання 5 хв і тривалого проварювання 20 хв) на зміну кислотного числа представлений у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Значення КЧ (мг КОН) та ПЧ (ммоль активного O_2/cm^3) плодівих пюре*

Сировина	Свіже пюре, КЧ	Тривалість, хв	Зміна аромату від початкового	Проварене пюре	
				КЧ	ПЧ
Гарбуз	3,2	5	солоний	5,3	2,0 ± 0,2
Диня	2,7		ефірний	4,1	2,0 ± 0,2
Гарбуз	3,2	20	кабаковий	6,5	3,0 ± 0,2
Диня	2,7		перезрілих плодів	5,2	3,0 ± 0,2

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Перекисне число в досліджуваних зразках дині та гарбуза не змінювалось під час короткочасної обробки, тривале проварювання призвело до збільшення перекисного числа на 16–18 %. У свіжому пюре з гарбуза та дині кислотні числа відрізняються несуттєво, тому використовували середні значення для цих зразків. Збільшення кислотного числа у зразках свідчить про гідроліз

ненасичених жирних кислот, що входять до складу ліпідів рослинної сировини. Дані, наведені в табл. 4.3, співпадають з наведеними вище (табл.4.2) та свідчать про перетворення з попередниками сировини під час термічної обробки. Наявні гідроперекисні сполуки – попередники аромату для рослинних LOX, HPL. Під час довготривалої обробки збільшення кислотного числа пояснюється гідролізом міцнозв'язаних фосфоліпідів сировини. Аромат пюре після гідролізу змінювався на кабаковий, невиразний, притаманний перезрілим плодам. Таким чином, концентрація та співвідношення ПНЖК, наявність вільних ВНЖК в термообробленій плодовій сировині – є факторами керованого впливу на реакції ароматоутворення.

4.1.2 Прогнозування швидкості реакцій з попередниками рослинної сировини

Ароматичні попередники не завжди перетворюються на смакоароматичні сполуки безпосередньо *in situ*, навіть за наявності специфічних ферментів («флавораз»), оскільки ці компоненти можуть бути фізично ізольовані клітинними мікроструктурами. Руйнування цілісності клітин відіграє ключову роль у біохімічних змінах овочів і фруктів, що суттєво впливає на формування смаку, аромату, а також побічних присмаків і запахів [20]. Використання гомогенатів рослинної сировини дозволяє використовувати ферменти без їх попереднього трудомісткого виділення і очищення, без енерговитрат на діаліз або ліофілізацію. Це підтверджено дослідженнями з вивчення характеристики ферментів болгарського перцю, як із попереднім екстрагуванням, так і без нього, на реакціях з поліненасиченими жирними кислотами [262]. Роль міцнозв'язаних ліпідів, їх змін в утворенні або відновленні аромату продуктів вивчена недостатньо. Відомо, що дії, які викликають розпушування структури мембран, сприяють активації процесів переокиснення ліпідів. Також порушення білок-ліпідної взаємодії у біологічних мембранах сприяють реакціям окиснення [383].

Порівняння структури ліпідів цитоплазматичної мембрани свіжих плодів та термооброблених провели шляхом гістологічних досліджень зразків. Дослідження про режими фарбування Суданом III (фарба для ліпідних структур) рослинних

об'єктів малочисельні. Свіжу кавунову м'якоть у вигляді «роздавленої краплі» обробляли розчином Судан III і витримували 20, 40 хв (рис. 4.1).

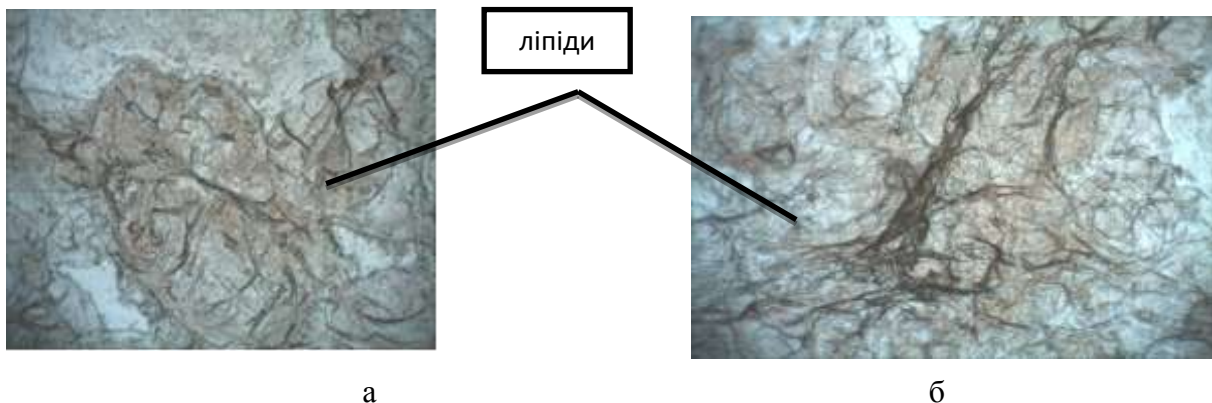


Рисунок 4.1 – Зразок фарбованого свіжого кавуна, витримка: а – 20 хв, б – 40 хв (збільшення у 40 разів)

Контур клітин зразків при витримці у барвнику 20 і 40 хв був забарвлений у коричневий колір, що свідчило про процес фарбування ліпідів у клітинній структурі цитоплазматичної мембрани. У подальших дослідженнях витримували зразки у барвнику 40 хв, оскільки контур ліпідних шарів при цьому був чіткішим. М'якоть кавуна досліджували після гідротермічної обробки (проварювання 20 хв у воді), заморожування (-18°C) та розморожування (кріодеструкція). Готували препарат «роздавлена крапля», обробляли Суданом III протягом 40 хв (рис. 4.2).

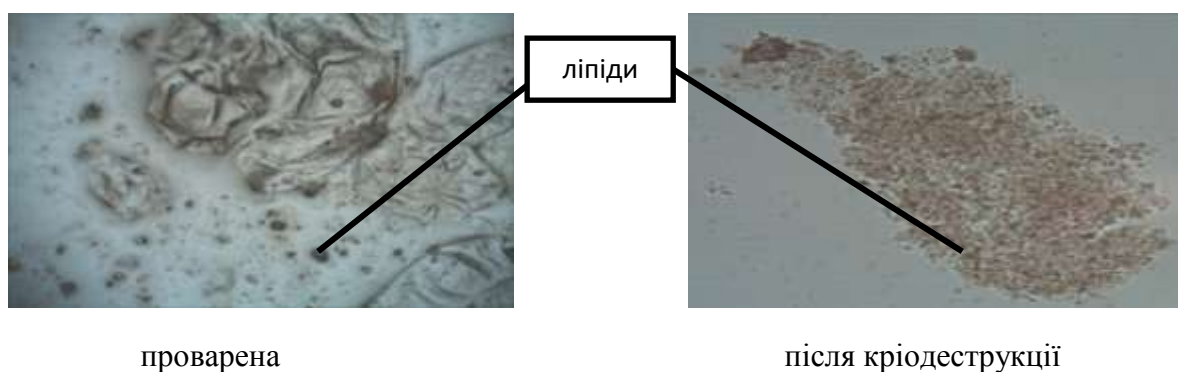


Рисунок 4.2 – Зразки м'якоті кавуна обробленої проварюванням та після кріодеструкції (збільшення у 40 разів)

Аналіз результатів гістологічних досліджень показав, що у випадку свіжої та провареної м'якоті забарвлений контур був суцільний і потовщений, а в зразках розмороженої м'якоті спостерігалися розрізнені дифузні включення

забарвлених ліпідів. Причому в розмороженому зразку, спостерігалася найбільша розрізненість ліпідомістких компонентів. Термічна обробка плодів порівняно зі свіжими плодами викликає розширення і вихід міжклітинних газів. Подібні гістологічні зміни яблук свіжих і термічно оброблених були показані в роботі К. Лі, Д. Салунке, Ф. Нурі в 1967 р.

Подальші дослідження, проведені нами, підтвердили гіпотезу про те, що за цілісної структури ліпідів у клітинній оболонці аромат менш виражений, а при руйнуванні ліпідної структури аромат звільняється, як із «резервного депо». Чим більше досягається деструкція ліпідів цитоплазматичної мембрани клітини (до наномасштабних розмірів), тим сильніше виражений аромат у готовому продукті. Цей висновок підтвердився у зразках дині та бананів, які вивчали аналогічно шляхом порівняння гістологічних змін. На підставі досліджень інших вчених існує припущення, що за низьких рівнів вільних жирних кислот у продукті аромат може посилюватися, за середніх і високих рівнів аромат утворюється заново або відновлюється [34].

Для вибору рослинних ароматотвірних ферментів і визначення найбільш відповідних умов їх дії проводили виділення ліпідів м'якоті гарбузових плодів. Відомо, що міцнозв'язані ліпіди витягаються із сировини спиртовим розчином луку під час кип'ятіння. Таким способом важко визначити їх зв'язок із ароматом у кінцевому продукті, оскільки спиртовий розчин луку має єдкий запах. Тому в дослідженнях ми не відокремлювали міцнозв'язані ліпіди, а виділяли з сировини в апараті Сокслета багаторазовою екстракцією органічними розчинниками.

Ліпіди зі свіжої м'якоті кавуна виділяли ефіром для виділення вільних ліпідів і сумішшю хлороформ-етанол. Розчинники вилучали тепловим випаровуванням та досліджували інтенсивність аромату в екстракті вільних ліпідів і екстракті зв'язаних ліпідів, а також у кавуновій м'якоті з міцнозв'язаними ліпідами, що залишились. У результаті нами було встановлено, що міцнозв'язані фосфоліпіди найбільше відповідають терміну попередників аромату. Від доступності міцнозв'язаних ліпідів залежить, на нашу думку, швидкість реакцій утворення аромату, що потребує залучення спеціальних

технологічних операцій для збільшення площі поверхні попередників з відповідними ферментами.

Для оцінки швидкості реакцій, які залежать від площі поверхні контакту між ферментами та ліпідними попередниками, використовували розчин каротиноїдів як індикатор. Відомо, що LOXs здатні знебарвлювати природні пігменти, що широко застосовується, наприклад, у технології відбілювання хліба. Зі збільшенням активності та концентрації LOXs швидкість і ефективність знебарвлення пігментів зростають [384]. Джерелом LOXs у дослідженні слугували підготовлені боби сої. В якості джерела ПНЖК в одному досліді використали насіння льону, замість вільних ліпідів «Біол».

Моделльні суміші «підготовлені боби сої – вільні ліпіди» готували трьома способами:

а) змішування у лабораторному диспергаторі (посилений вплив) з феромагнітними частинками, використовуючи боби сої, вільні ліпіди та воду у співвідношенні 10:2:20 при температурі води 4–18 °С протягом 8 хвилин;

б) змішування у побутовому блендері (помірний вплив) бобів сої, подрібненого насіння льону та води у співвідношенні 10:7:20 за аналогічної температури та тривалості;

в) змішування у побутовому блендері (помірний вплив) бобів сої, вільних ліпідів і води у співвідношенні 10:2:20 за аналогічної температури та тривалості.

До сумішей додавали розчин каротину в олії «Аєкол» (контроль), а зміну забарвлення оцінювали через 30 хвилин після завершення змішування (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Забарвлення модельних зразків з розчином каротиноїдів

Найменування зразка	При посиленому фізичному впливі (а)	Контроль	При помірному фізичному впливі (в)
Опис кольору	 Білий колір соєвого «молока»	 Червоний	 Жовтий відтінок

Результати показали, що максимальне знебарвлення суміші «підготовлені боби сої – вільні ліпіди» спостерігалось при диспергуванні, тобто за інтенсивного фізичного впливу. За менш інтенсивного впливу у зразках зберігалось жовте забарвлення, що вказує на мінімальну активність ферментів.

Ці дані демонструють закономірність між активністю ферментів і площею поверхні контакту між реагентами. Результати також корелюють із виходом ароматичних сполук і підтверджують доцільність збільшення площі контакту в технологіях отримання природних ароматизаторів з високим вмістом GLV-компонентів.

Встановлена закономірність підтверджується результатами гістологічного аналізу: жирові кульки ВНЖК формують різну площу поверхні залежно від способу змішування та мають різний характер розподілу (рис. 4.3).

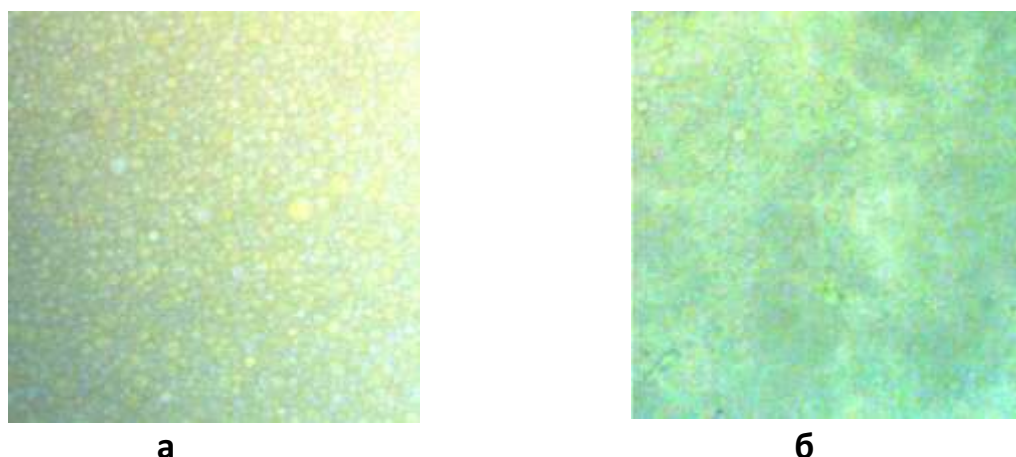


Рисунок 4.3 – Інтенсивність розподілу жирових кульок вільних ВНЖК на площі поверхні модельної суміші: а – у блендері, б – диспергування

За помірного фізичного впливу, як у випадку змішування у побутовому блендері, жирові кульки утворюють суцільний шар на поверхні суміші (рис. 4.3, а). Натомість інтенсивний фізичний вплив, такий як диспергування, призводить до формування тонкого, несформованого шару з меншими кульками ВНЖК, які рівномірно розподіляються у суміші (рис.4.3,б). Збільшення площі поверхні контакту під час диспергування в лабораторному пристрої відбувається завдяки зменшенню розміру жирових кульок і їх рівномірному розподілу в суміші. Враховуючи ці закономірності, пропонується включити технологічну операцію

диспергування до процесу промислового виробництва ароматизаторів GLV-профілю для збільшення виходу ароматичних речовин.

У рамках радикально-ланцюгової реакції, що протікає за подальшого окиснення жирних кислот кавунової м'якоті, утворюються радикали внаслідок відщеплення атомів водню від метиленових груп, що знаходяться в α -положенні відносно подвійних зв'язків і мезомерного переміщення подвійних зв'язків. Ці радикали переходять у відповідні ізомеричні гідропероксиди жирних кислот внаслідок реакції з киснем повітря після рекомбінації з атомами водню. Унаслідок розщеплювання цих проміжних продуктів виникають леткі сполуки з короткими ланцюгами. Отже, роль міцнозв'язаних ліпідів сировини, як нано-попередників в процесах відновлення аромату полягає в тому що, вони є попередниками аромату і здатні до повторної появи ароматичних речовин у готовому продукті.

Ферменти не діятимуть швидко на попередники ліпідної природи, якщо як активатор не буде присутньою вільна жирна кислота. Оскільки вільні жирні кислоти є продуктами цієї реакції, тут може проявитися початковий лаг-період, але коли він закінчується, швидкість реакції підвищуватиметься тим сильніше, чим більше звільниться жирних кислот. Тому під час приготування водного екстракту кавунового насіння рекомендовано додавати 0,1-0,2% вільної жирної кислоти для прискорення реакції.

Нами розглянутий вплив МВ поля на прискорення реакцій з попередниками ліпідної природи. Окиснення ліпідів в емульсії, як правило, визнається дуже складним, оскільки може включати окиснення або перенесення електронів в усіх різних фазах системи, що робить механізми окиснення ліпідів в емульсії дуже різними [367]. Тому нами були проведені дослідження із використанням вологого кавового шламу, у якому міститься 61 % клітковини й 10–12 % жироподібних речовин, ліпідів (від початкової маси кавового шламу), які тонким шаром покривають тверді частинки кави, утворюючи збільшену площу поверхні контакту.

На частку ненасичених жирних кислот у олії кавових зерен припадає більше половини 51,9–57,3 %, у тому числі переважає лінолева кислота (37,2–45,6 %). МВ нагрівання викликає певні зміни в ліпідах рослинного і тваринного походження [385]. У продуктах тваринного походження, наприклад у рибі, висушеній у НВЧ-полі, кількість ПНЖК також збільшується на 11 %. Жирнокислотний склад ліпідів зазнав змін після НВЧ-нагрівання (2450 MHz, 400 W, 8 хв): спостерігалось збільшення кількості олеїнової кислоти та зменшення кількості лінолевої, тоді як рівень пальмітинової та стеаринової кислот залишився незмінним. Термообробка також спричинила зростання кількості транс-ізомерів ПНЖК [386]. Таким чином, існують достовірні дані, які свідчать про трансформацію ліпідів під впливом НВЧ-поля (6, 12 або 20 хв, 2450 MHz) [387]. Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) є важливими субстратами для ферментативних реакцій, і їх доступність під час обробки мікрохвильовою енергією є ключовим фактором для реакцій із ліпідними попередниками. Відомо [388], що в НВЧ-полі кількість лінолевої кислоти може збільшуватися за рахунок лінолевої, пальмітинової або олеїнової кислот, тоді як інші жирні кислоти залишаються майже без змін.

Процеси перетворення жирних кислот значною мірою залежать від їх позиційного розподілу. Під час мікрохвильового нагрівання основні характеристики такого розподілу зберігаються: ненасичені жирні кислоти, такі як лінолева і ліноленова, здебільшого розташовуються у sn-2 положенні, а насичені (наприклад, пальмітинова і олеїнова) концентруються у sn-1 або sn-3 позиціях. Ненасичені кислоти у sn-2 положенні виявляють більшу стійкість до окиснення [195, 198].

Поліненасичені жирні кислоти, такі як лінолева і ліноленова, є найбільш нестабільними компонентами кавового шламу, який був отриманий в Одеській національній академії харчових технологій (2013 р.). Для дослідження ролі ліпідів у відновленні аромату кави було проведено експерименти з шламом, у якому ліпіди попередньо екстрагували гарячою водою. В одному зразку після знежирення додавали олеїнову кислоту, в іншому – лінолеву і ліноленову.

Контрольним слугував шлам без додавання ліпідів. Вологість шламу становила 50–52 %, співвідношення суміші шлам : жирна кислота – 1:0,1. Після перемішування зразки у спеціальних закритих посудинах нагрівали в НВЧ-полі потужністю 0,8 кВт 20 хв без вакууму та проводили порівняльний аналіз отриманих ароматів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Характеристика відновлених ароматів

Жирнокислотний склад зразків	Час нагрівання, хв			
	5	10	15	20
Контроль	ледь відчутний	ледь відчутний	відчутний	відсутній
Олеїнова кислота	відсутній	відсутній	ледь відчутний	зі стороннім запахом
Лінолева та ліноленова	відчутний	виражений кавовий	насичений кавовий	інтенсивний

Згідно з табл. 4.5, аромат у контрольному зразку відновлювався лише частково і був нестійким. У зразках із лінолевою та ліноленовою кислотами гідролітичні процеси сприяли утворенню більш насиченого кавового аромату після 30 хв нагрівання. Обробка кавового шламу LN, LNL призвела до формування аромату, близький до вершкового, смажених горіхів. Олеїнова кислота протягом 30 хв нагрівання з водою і шламом кави перешкоджала десорбції аромату, а далі піддалася трансформації, що вплинуло на зміну запаху до стороннього.

У процесі нагрівання в полі НВЧ альдегіди, що залишаються в пігментах кавового шламу, та альдегіди, які утворюються внаслідок розпаду ПНЖК, вступали в реакцію конденсації. Це свідчить про важливу роль ліпідної фракції у відновленні аромату продуктів під час нагрівання та її участь у реакціях Майяра. Отже, ліпідна фракція є попередником відновлення аромату в полі НВЧ. Темнозabarвлені пігменти кавового шламу та вода, хоча й сприяють вторинному утворенню аромату, виконують допоміжну роль у цьому процесі. Можна зробити висновок, що процес обробки попередників ліпідної природи в МВ має вплив на утворення АР та органолептичний профіль.

4.1.3 Вплив комплексу рослинних ферментів на технології ароматизації

У більшості фруктів і овочів містяться попередники аромату, але після теплової дії не завжди містяться або інактивуються необхідні ароматутворюючі ферменти, щоб надати продукту потрібного аромату. Буешер Р. Х., Буешер Р. В. вказують на збільшену кількість ліпоксигеназ в екзокарпії огірків (на відміну від мезокарпія і ендокарпія) і там же міститься більша кількість клітинних ПНЖК, тому коли огірки заморожують або бланшують, безповоротно гине саме система, що продукує свіжі запахи [268].

Такою системою, яка здатна продукувати свіжі запахи з попередників, у наших дослідженнях є комплекс ферментів рослинної сировини. Такий комплекс ферментів може бути в двох формах: у вигляді екстрагованих, розчинених ліоферментів і у вигляді нерозчинених, пов'язаних із клітинними структурами десмоферментів.

Комплексна дія трьох типів ферментів – ліпаз, ліпоксигеназ (LOX) і гідропероксидліаз (HPL) – сприяє трансформації ліпідних попередників, таких як жирні кислоти C18:2 і C18:3, у леткі коротколанцюгові сполуки. Це відкриває перспективи використання рослинних олій для природного утворення GLV профілю. У процесі біоконверсії:

1. Ліпази перетворюють рослинні олії на вільні ненасичені жирні кислоти.
2. LOX окислюють ці НЖК у гідроперекиси (HPOs), які є похідними вищих ненасичених жирних кислот.
3. HPL каталізують подальше перетворення HPOs на ароматичні сполуки, зокрема C₆-C₉ альдегіди.

Однак, сучасна технологія цього процесу має недоліки, зокрема низький вихід GLV через нестабільність HPL, яка виникає внаслідок інгібування ферменту його похідними та кінцевими продуктами. Хоча проблема частково вирішена для отримання (2E)-гексаналю, стабільність і очищення HPL залишаються обмежувальними факторами [51].

Проблема нестабільності HPLs була вирішена лише частково для синтезу ароматичного компоненту GLV – (2E)-гексаналю. Похідні вищих НЖК, а саме

13-гідроперекиси були успішно перетворені HPLs, екстрагованих з листя цукрових буряків [389, 390]. Низька стабільність і труднощі очищення, HPLs є обмежувачим компонентом для перетворення похідних вищих ненасичених жирних кислот (ВНЖК) у бажаний аромат. Таким чином, значні зусилля докладаються, щоб клонувати і виробляти цей фермент з розширеною стабільністю і діяльністю. Враховуючи те, що ферменти HPLs широко розповсюджені в рослинах: томатних листях і плодах, гороху, огірках, плодах болгарського перцю, мигдалі, соя, нами розглянуті умови використання доступних джерел ароматоутворюючих ферментів для ВНЖК. За основу прийнятий механізм утворення GLV у природному середовищі.

Лист сої містить одночасно ферменти LOXs / HPLs, активність яких змінюється в міру розвитку листя, але вони постійно присутні і діють одночасно [308]. Також ці результати досліджень стосуються і бобів сої [391, 73]. Під час досліджень процесу формування ароматичних сполук зазвичай використовують гомогенати з сухих ліофілізованих бобів сої, але для галузі ресторанного господарства нами розглянута можливість застосування висушених бобів після їх попередньої обробки. Для розробки технології натурального ароматизатора необхідно було пересвідчитись у наступному:

- одночасне використання ферментів LOX, HPL, присутніх у бобах сої відповідає умовам для утворення аромату GLV профілю;
- різне співвідношення похідних вищих НЖК та LOX / HPL призводить до продукування органолептично відчутного GLV профілю незалежно від того, який фермент більш активний;
- комплекс ферментів LOX / HPL у природному неочищеному вигляді придатний для реакцій з утворення GLV ароматів.

З цією метою використовували різні умови утворення ароматичних речовин у суміші «підготовлені боби сої-вільні ВНЖК» (стор.267 п.п. а,б,в). Визначали кількість AP у суміші після диспергування, тобто при посиленому фізичному впливі (рис.4.4, а), зі зменшеною концентрацією ВНЖК, тобто при використанні льону замість вільних ВНЖК (рис.4.4,б), за звичайними умовами,

тобто при помірному фізичному впливі на суміш «підготовлені боби сої-вільні ВНЖК» (рис.4.4,в), наводили усередненні значення.

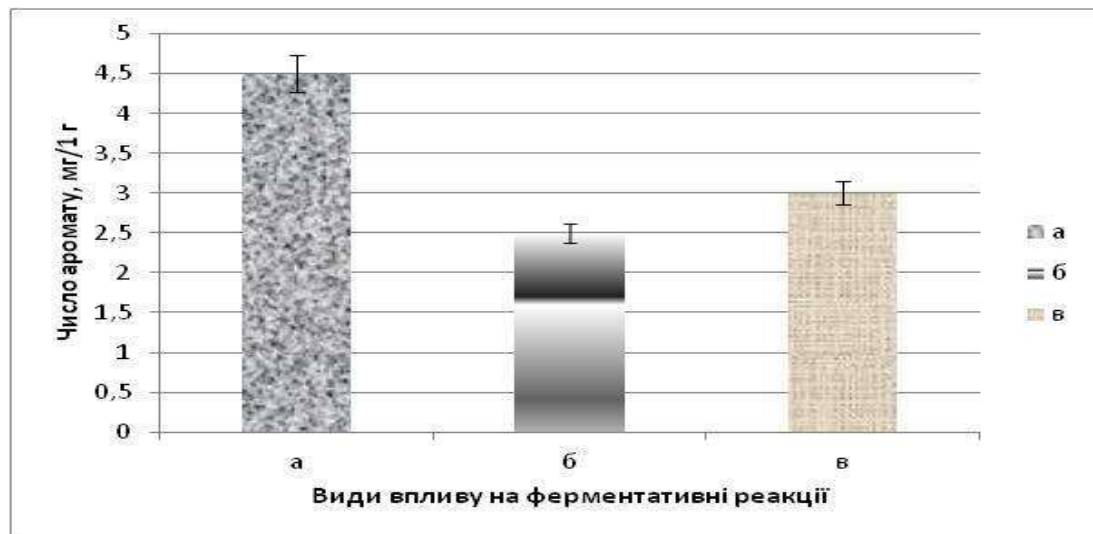


Рисунок 4.4 – Кількість ароматичних речовин у модельних сумішах (а – посилений вплив з ВНЖК, б – посилений вплив зі зменшеним числом ВНЖК, в – помірний фізичний вплив з ВНЖК)

Проведені дослідження дозволяють констатувати, що:

- ферменти LOX і HPL у бобах сої працюють у каскадних реакціях, утворюючи 2,5-4,5 мг/г ароматичних речовин (АР);
- природний неочищений комплекс LOX/HPL ефективно бере участь у реакціях утворення АР;
- різне співвідношення похідних НЖК та LOX/HPL забезпечує отримання GLV профілю незалежно від активності конкретного ферменту. Наприклад, при зниженні концентрації НЖК кількість АР становить 2,5 мг/100 г (рис. 4.4, в).

Аромат зразків переважно був ідентифікований як «зелений, свіжоскошеної трави», за який відповідають $C_6 - C_9$ альдегіди. Значний вміст ферментів LOX у бобових (луцильні сорти квасолі, соєві боби, зелений горошок), які особливо схильні до окиснювального псування. Маш (боби мунг, лат. *Vigna radiata*) були досліджені як нове джерело ліпоксигеназ у зв'язку з природним отриманням «зелених» ароматів. Профіль маш рН становив широкий діапазон (оптимальний рН – 6,5), що представляє ізоферменти ліпоксигенази-2 і ліпоксигенази-3, тоді як для сої спостерігалися тільки ізоферменти

ліпоксигенази-1 і ліпоксигенази-2/3 (оптимальний рН – 9-10). Порівняно з соєвими, ліпоксигенази з маша були хорошою заміною для утворення гексаналу, оскільки вони виробляли його 76 %, а соєві – 60 % [124]. У наших дослідженнях ліпоксигенази з маша не продукували таку саму кількість GLV-аромату, як боби сої. Можна зробити висновок, що ізоферменти сої для таких цілей є більш ефективними.

Вважається, що ферменти можуть атакувати як вільні ПНЖК, так і в складі ліпідної матриці. Для розуміння змін у сенсорних характеристиках і рівнях летких сполук до та після обробки плодів досліджували рослинну олію з різним вмістом вільних ПНЖК. Для подальших досліджень необхідно проаналізувати вплив наявних вільних ПНЖК, як попередників, на утворення аромату з гомогенатами – носіями ферментів. Порівнювали дію гомогенатів із різною ферментативною активністю у свіжій, розмороженій і термічно обробленій сировини. В олію додавали вільну ліноленову кислоту, використовували різну кількість від 5 до 15 % (табл. 4.6). Як контрольний зразок використовували рослинну олію без внесених вільних ПНЖК. З метою збільшення площі поверхні контакту зразки витримували в апараті «Sous Vide» протягом 1 години за стандартними режимами.

Таблиця 4.6 – Число аромату олій (мл/100 мл, середнє значення за трьома видами), оброблених гомогенатами (похибка не перевищує 5 %)

Гомогенати	Олія рослинна	Олія з вільними ПНЖК		
		5 %	7,5 %	10 %
Ферменти свіжої сировини	5,8±0,1	8,5±0,1	8,0±0,2	7,7±0,1
Ферменти замороженої сировини	5,5±0,1	6,7±0,2	7,5±0,1	8,5±0,2
Інактивовані ферменти рослинної сировини	2,1±0,1	20±0,1	2,0±0,1	-

З табл. 4.6 можна зробити висновки:

- рослинна олія без внесених вільних ПНЖК здатна до ароматизації як ферментами зі свіжої сировини, так і з розмороженої в умовах розрідження (ЧА збільшується в 2,1 рази);
- за наявності в олії вільних ПНЖК утворення аромату відбувається у

збільшеному об'ємі, ЧА збільшується в середньому в 3 рази;

- інактивовані ферменти не впливають на процес утворення аромату як за наявності вільних ПНЖ, так і за їх відсутності.

Відсутність вільних ПНЖК у рослинних оліях як попередників (попередників) для ферментативних процесів дещо відобразилась на процесі формування аромату: відповідність запаху свіжої сировини не перевищувала 60 %, число аромату зразків у середньому становило 5,5 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ мл (у середньому). Низька здатність до утворення аромату в розмороженій сировині без додаткового введення ліноленової кислоти може бути пояснена конформацією ліпідного шару цитоплазматичних мембран, поява ізомерів поліненасичених жирних кислот, один із яких – 5, 8, 11, 14-ейкозотетраєнова кислота, є специфічним інгібітором ліпоксигеназного окиснення субстратів [151]. Зменшення числа аромату в зразках олії з LN обумовлене відсутністю достатньої кількості активних ферментативних систем у гомогенатах. Кислотне число в зразках ароматизованих олій не змінювалося, залишаючись у межах норми для кожного виду. Стійкість аромату в оліях становила 5–6 годин, після чого відчутність ароматів зменшувалась. Ізомери попередників утворюються при гідрогенізації і характеризуються різними біологічними ефектами, у тому числі при окисненні й утворенні ароматів.

Отже, встановлено:

- кількісний та якісний склад ліпідів рослинної сировини у свіжому вигляді подібний до термооброблених;
- швидкість реакцій з попередниками залежить від тривалості впливу МВ на попередники, від площі поверхні контакту попередників, яка збільшується під час диспергування, співвідношення LN, LNL кислоти та наявності вільних ЖК:
- різне співвідношення похідних вищих НЖК та LOX / HPL призводить до продукування органолептично відчутного GLV профілю незалежно від того, який фермент більш активний.

4.2 Дослідження процесу ферментативного збагачення аромату рослинної сировини

Усі без виключення клітинні мембрани – це тонкі ліпопротеїдні плівки, що складаються з подвійного шару ліпідних молекул, в який включені молекули білка. Під час заморожування, нагрівання, мікрохвильової дії у білкових компонентах сировини відбувається коагуляція. Основними чинниками, що визначають поведінку часток у коагульованій структурі, є: розмір частинки, гідрофільно-гідрофобний баланс поверхні часток, загальний і електрокінетичний потенціали цієї поверхні. Досліджуючи питання реакцій утворення ароматичних компонентів в рослинах, необхідно встановити чи знаходяться ароматичні речовини або компоненти, які їх продукують, в області нанорозмірних одиниць. Предметом досліджень у харчових нанотехнологіях є мікроорганізми, нанопори та нанокапіляри рослинної сировини, оболонки клітин, білок, полісахариди та молекули води [238]. Харчові білки часто являють собою глобулярні структури розміром 1-10 нм. Більшість полісахаридів і ліпідів являють собою лінійні полімери з товщиною нанометрового діапазону. Синтез ароматичних компонентів рослинної сировини здійснюється на основі білків і ферментів (розмір 10...100 нм), полісахаридів (розмір 1...10 нм) і т.п. Тому процес синтезу аромату плодів *in vivo* є послідовністю певних реакцій, що протікають в нанометровому діапазоні. Попередники ароматичних речовин (білки, вуглеводи, ліпіди) – це не просто колекція нанорозмірних об'єктів: атоми та молекули організовані в ієрархічні структури і динамічні системи, які є результатом експериментів природи за мільйони років. Більшість молекул білків і полісахаридів мають наномерні розміри. Кожна жива рослина існує через присутність, відсутність, концентрацію, розташування і взаємодію цих наноструктур [392].

4.2.1 Технологія ароматизації харчової продукції із подоланням гідрофільно-ліпофільного бар'єру

Природа жирної кислоти тригліцериду та відповідні гідроперекиси визначають каталіз розщеплювання ферментом гідропероксид ліазою. Більшість

гідроперекисів у термічно оброблених плодах утворені з лінолевої і ліноленової кислоти. Схематично каталіз гідроперекисів можна представити так:



Велика увага приділяється дослідженню ферментативних ароматотвірних реакцій свіжих плодів огірків [377]. Для ідентифікації та аналізу умов проведення повторних ферментативних реакцій за участю гідропероксидліаз у термообробленій сировині було виконано порівняльне дослідження фізико-хімічних властивостей ліпідної системи свіжих і термооброблених зразків огіркового екстракту (табл. 4.7). Відповідно до загальноприйнятих уявлень, чим більша абсолютна величина ζ -потенціалу, тим сильніше електростатичне відштовхування між краплями, а отже, тим вища стабільність системи [393]. Експериментальні виміри ζ дзета-потенціалу показують стеричні відштовхування часток у гідроколоїдній системі і характеризують стабілізуючі властивості емульгатора, якими є фосфоліпіди клітинних стінок [394].

У зразках дзета-потенціал розподілений у такій послідовності: свіжа сировина < заморожена < гідротермічна обробка. Відповідно до такого розташування можна охарактеризувати стабільність даної емульсії ацилгліцеридів. Розміри ТАГ огірків розташовані у зворотній послідовності по відношенню до дзета-потенціалу (додаток Г).

Таблиця 4.7 – Фізико-хімічна характеристика ліпідів огіркового екстракту (похибка не перевищує 5 %)

Показник	Свіжий	Заморожений	Гідротермічна обробка
ζ -потенціал, mV	-2,87 ± 0,15	-4,11 ± 0,30	-5,50 ± 0,22
Розмір, нм	10000...5000	5000...1000	1000...500
Загальний вміст НРОs	8	12	18
Характеристика аромату водної суспензії	насичений огірковий	слабкий овочевий	трав'янистий, земляний
Загальна кількість альдегідів, мг/г	0,079	0,055	0,043

Отже, зміна розміру часток та величина ζ -потенціалу (рухливість частинок) взаємопов'язані прямопропорційно. Подібна закономірність описана для ліпосом [395, 396]. Зразки гарбуза та кавуна після теплової обробки показали ідентичні закономірності розподілу ζ -потенціалу.

Динамічні властивості ліпідного матриксу мембрани забезпечують конформаційну рухливість ферментів. Вплив теплової обробки на фізичні характеристики ліпідів пов'язаний зі структурними перебудовами у біологічних мембранах, що відбуваються при окисненні ендогенних мембранних ліпідів. Теплова дія, заморожування, електричний пробій, осмотичний тиск – чинники, що обумовлюють структурні перебудови й активність рослинних ферментів [397]. Тому далі нами були розглянуті екстракти ліпідів із плодів після гідротермічної обробки, оскільки саме ці зразки відповідали умовам: максимальна кількість гідроперекисів і мінімальна кількість альдегідів. Інформація про нанорозмірні області є ефективним методом для дослідження динаміки біомолекул. Розміри окремих молекул ліпідів рослин становлять приблизно 5-200 нм. Деякі джерела вказують на існування в клітинних мембранах не поодиноких ліпідів, а ліпідних нанодоменів [398] середнім розміром 710 нм. Показано, що розмір більше 700 нм свідчить про наявність кластерних білків, гідратної оболонки, гідрофобної гідратації, що перешкоджають виявленню ліпідів за допомогою електронної мікроскопії, їх подальшої дифузії. З метою виділення ліпідних доменів попередників із екстрактів і аналізу їх гідродинамічного діаметра, зразки центрифугували за різної частоти та часу розділення (рис. 4.5–4.8).

Згідно рис.4.5 гідродинамічні розміри попередників становлять в середньому 5000 нм, тоді як після дії відцентрового поля в середньому складає 2000 нм, а при збільшенні відцентрової сили утворюються частинки в діапазоні 100-400 нм. Далі були розглянуті зміни попередників при збільшенні часу відцентрового розподілу від 1 до 10 хв (рис. 4.6).

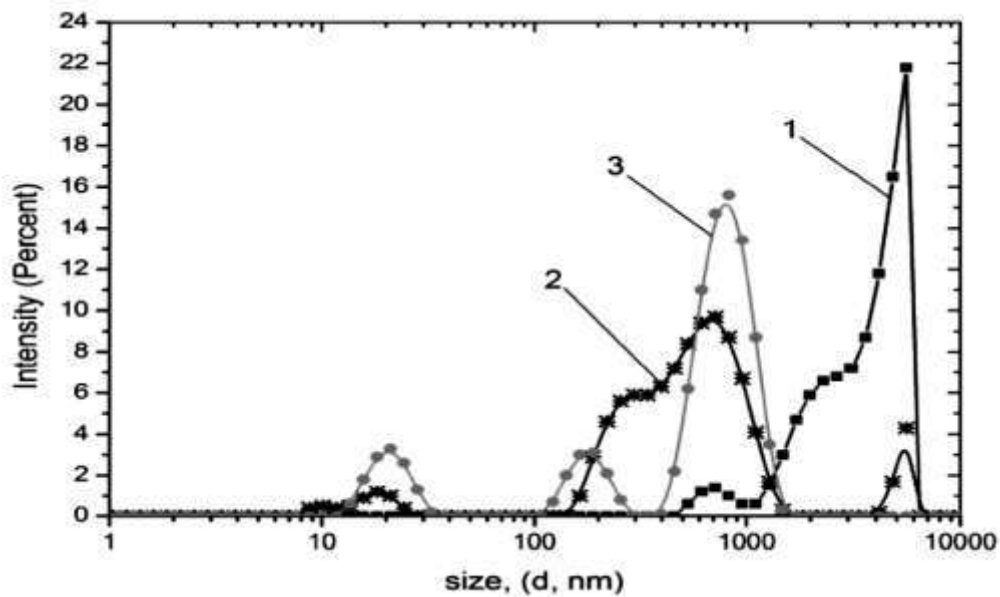


Рисунок 4.5 – PSD ліпідів із плодів огірка після гідротермічної обробки (1- без розділення, 2 - розділення 1-5 хв за частоти 1500 об/хв., 3 розділення 1-5 хв за частоти 4000 об/хв), усереднені значення (додаток Д1)

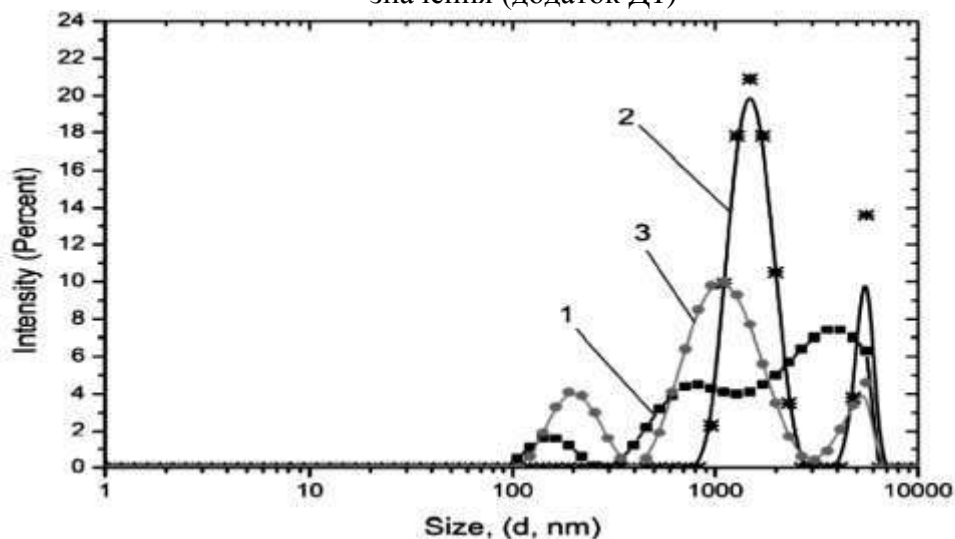


Рисунок 4.6 – PSD ліпідів із плодів огірка після гідротермічної обробки (1 - без розділення, 2 - розділення 6-10 хв за частоти 1500 об/хв, 3 розділення 6-10 хв за частоти 4000 об/хв), усереднені значення (додаток Д2)

Збільшення часу розділення у відцентровому полі до 10 хв дає уявлення про вплив фізичної дії відцентрового поля на білок-ліпідні асоціати попередників. Ліпідні екстракти, що не пройшли розділення у відцентровому полі, в основному складені з часток із гідродинамічним діаметром 6000 нм.

При розділенні у відцентровому полі протягом 10 хв за частоти 1500 об/хв гідродинамічний діаметр ліпідних доменів зменшується до 800 і 25 нм, а при 4000 об/хв – до 900, 250 і 25 нм. Тобто з посиленням фізичного впливу

(відцентрової сили), як то збільшення часу розділення або збільшення частоти обертання барабану, спостерігається тенденція до виокремлення частинок ліпідних попередників зі зменшеним гідродинамічним діаметром.

Дію на ліпідні структури клітини для посилення або послаблення гідрофобної взаємодії, ковалентних зв'язків, Ван-дер-Ваальсових сил здійснюють хімічними, ферментативними або фізичними методами. Поєднання фізичної і ферментативної дії, що призводить до збереження аромату, показано в установках із високим гідростатичним тиском і низькою температурою [399]. Від динамічних властивостей загальної ліпідної фази мембран істотно залежить активність ферментів, що використовують водонерозчинні субстрати – гідроперекиси. Сили міжмолекулярної взаємодії є складовими розклинюючого тиску, що залежить від товщини ліпідної плівки, складу та властивостей взаємодіючих фаз (тіл) і температури.

Вчення про розклинюючий тиск, покладене в основу теорії стійкості гідрофобних колоїдів (теорія ДЛФО), пояснює багато поверхневих явищ. Подолання позитивного розклинюючого тиску, що перешкоджає потоншенню плівки під дією зовнішніх сил, призводить до злипання або злиття дотичних тіл. У разі колоїдних систем це означає коагуляцію або коалесценцію часток дисперсної фази. Зміни властивостей ліпідних структур рослинних клітин і мембранозв'язаних ферментів у вакуумі можуть бути описані нею [400, 401]. Відповідно до теорії ДЛФО колоїдні білок-ліпідні частинки можуть безперешкодно зближуватися, поки не зіткнуться своїми водянистими дифузними оболонками або шарами. При цьому між ними не виникає ніяких сил взаємодії. Обробка плодів у вакуумі глибиною 6 ± 3 кПа супроводжується температурним режимом 32 ± 2 °С, сприятливим для активації ферментів плодів. Тому нами розглянуті зміни гідродинамічного діаметра ліпідного екстракту плодів після термічної обробки у вакуумі (рис. 4.7).

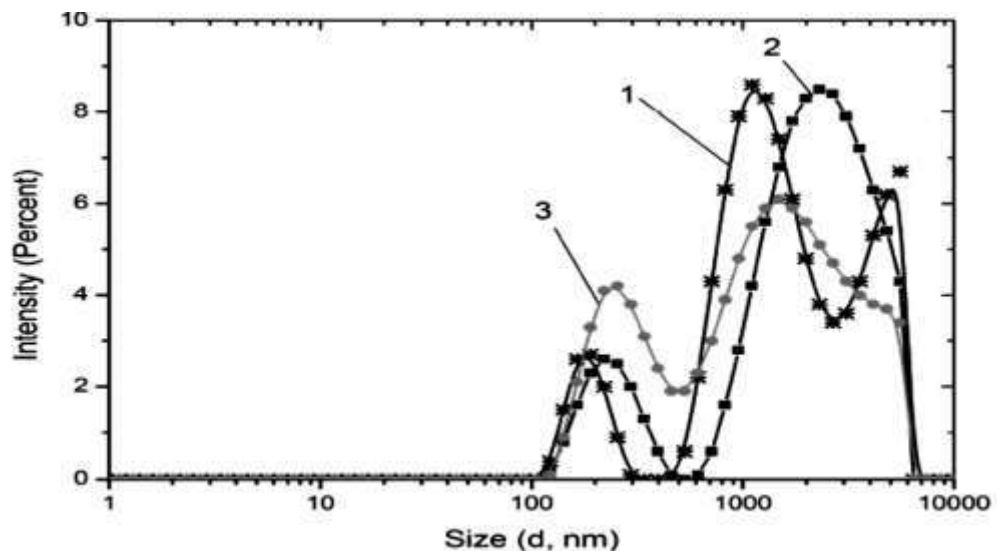


Рисунок 4.7 – PSD ліпідів із плодів огірка після вакуумної обробки (1 без розділення, 2 розділення 1-5 хв за частоти 1500 об/хв, 3 розділення 1-5 хв за частоти 4000 об/хв), усереднені значення (додаток Д3)

Для зближення ферментів і ліпідів у реакційній системі необхідно деформувати дифузні оболонки, щоб забезпечити їх взаємне перекриття або проникнення одна в одну. Поки товщина рідкого прошарку або плівки перевищує сумарну товщину граничних шарів зі специфічною структурою, їхній вплив проявляється переважно через зміни електростатичної та молекулярної складових розклинюючого тиску [402]. Такий процес може призвести до деякої зміни профілю PSD. У результаті комбінованої обробки гідродинамічні діаметри ліпідів в екстракті розподіляються більш рівномірно (рис. 4.8).

Порівняння зразків гідротермічної і вакуумної обробки вказує на тенденцію більшої стійкості та стабільності системи, що виражається у впорядкуванні гідродинамічного діаметра до 1000 нм і виділенні часток розміром до 100 нм.

Аналіз PSD профілю зразків після гідротермічної і вакуумної обробки при розділенні протягом 10 хв показує наближеність результатів і схожу стійкість під час дії відцентрового поля. Отже, посилення фізичної дії на ліпідні нанодомени ефективно за певних умов попередньої обробки сировини у вакуумі.

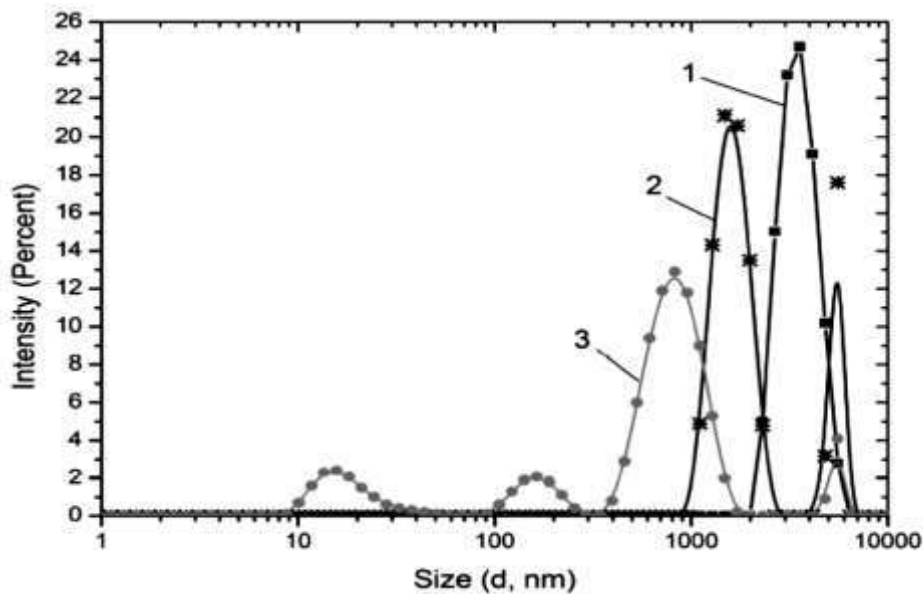


Рисунок 4.8 – PSD ліпідів із плодів огірка після вакуумної обробки (1 без розділення, 2 розділення 6-10 хв за частоти 1500 об/хв, 3 розділення 6-10 хв за частоти 4000 об/хв), усереднені значення (додаток Д 4)

Під час дії розрідження має місце розширення локальної ділянки поверхні ліпідного шару, що впливає на зменшення гідродинамічного діаметру до нанометрового діапазону 10-100 нм і збільшення відсотку частинок з таким діаметром (рис. 4.8). Посилення подальшої фізичної дії на цю систему посилює умови розклинюючого тиску, частинки прагнуть до відштовхування, що виражається у сприятливих умовах ферментолізу.

Ліпідний біпрошарок є неоднорідною системою. Виділяють три області: об'ємної води, контактів гідрофільних голів і поверхневої води, область ліпідних хвостів (центральна частина біпрошарку). Гідратація ліпідної мембрани є важливою характеристикою, що визначає її структурну організацію і макроскопічні властивості. Кількість води в міжмембранному просторі залежить від заряду і розміру ліпідної молекули і зовнішніх умов [402].

У ліпідних мембранах створюються коагуляційні структури при взаємодії між частинками та молекулами через прошарки води (дисперсійного середовища) завдяки Ван-дер-Ваальсовим силам зчеплення. Товщина шару відповідає мінімуму вільної енергії системи. Також товщина шару певною мірою залежить від вмісту дисперсійного середовища. Усі дисперсні системи

термодинамічно нестійкі, оскільки мають високорозвинену поверхню. Як наслідок, такі системи характеризуються високими значеннями вільних поверхневих енергій Гіббса G_{ω} і Гельмгольца F_{ω} [403]. Тіла, що мають надлишок поверхневої енергії, прагнучи зменшити її, мимоволі агрегують або коалесцюють (зливаються). Тому, досліджуючи реакції з ліпідами мембран, необхідно розглянути особливі умови. Як було показано вище, при розрідженні до 10 кПа змінюється ζ -потенціал і PSD профіль ліпідних екстрактів. Можна припустити існування певної закономірності, в якій окрім ζ -потенціалу і PSD профілю фігурує чинник прикладеної сили до системи. Аналітичний огляд вказує на те, що таким чинником є розклинюючий тиск – Π . Наприклад, для виміру водного обміну рослин досліджувався не сам транспорт води між клітинами, а процеси, тісно пов'язані з осмотичним і тургорним тиском [404].

Отже, на нашу думку необхідно ввести комплексний показник – стійкість ліпідних емульсій n_c як функцію гідродинамічного розміру часток ($d_{\text{гідродин}}$), розклинюючого тиску (Π) та ζ -потенціалу. Такий показник визначає доступність компонентів для здійснення реакцій.

$$n_y = f(\zeta, d_{\text{гідродин}}, \Pi)$$

ζ -потенціал є частиною загального стрибка потенціалу ϕ_0 . Згідно розвитку теорії ДЛФО при достатньо низькому значенні потенціалу ϕ_0 повинен зникнути енергетичний бар'єр. В результаті зменшення заряду електричні сили відштовхування між частинками слабшають, частинки при зближенні злипаються. Наведені вище значення ζ -потенціалу для свіжої та обробленої сировини (табл. 4.7) відрізняються від значень ζ -потенціалу після обробки при розрідженні (значення ζ -потенціалу складає $-7,53 \pm 0,15$ mV, $d_{\text{гідродин}}$ 15-150 нм). Значення розклинюючого тиску Π нами не були розраховані, тому що за літературними даними при $h > 5$ нм воно регулюється в основному електростатичною складовою Π_e (h – товщина гідратного шару між попередниками ліпідної природи). Із зменшенням h під дією розрідження, ВШФЧ, заморожування регулюється в основному структурною Π_s та молекулярною Π_m складовими розклинюючого тиску. Збільшення Π_e свідчить

про переважання сил відштовхування в системі попередник - ферменти над силами тяжіння. Таким чином, за відсутності посиленого фізичного впливу, необхідно збільшити n_{σ} , тобто вплинути на потенційну рухливість часток, що взаємодіють із попередниками, і впливає на число аромату. Рухливість ліпідних молекул в бішарі один щодо одного може змінюватися в результаті двох процесів: латеральної дифузії і трансбіпрошаркової міграції (фліп-флопа) [204]. Ці процеси сильно розрізняються по швидкості. Швидкість трансбіпрошаркової міграції фосфоліпиду в основному визначається енергією активації перенесення його полярної головки (близько 30-40 ккал / моль) через гідрофобну область біпрошарку. На швидкість фліп-флоп міграції впливає зміна рН, осмотичного тиску та йонна сила з обох боків мембрани [405]. Дослідження, проведені нами доводять вищезазначені положення у ракурсі доступності попередників ліпідної природи до реакцій ароматування.

Отже, досліджені умови подолання гідрофільно-гідрофобного бар'єру *in vitro* з теоретичної та практичної точки зору, які свідчать про доцільність фізичного впливу – вакуумної обробки плодів для максимального досягнення взаємодій з попередниками аромату шляхом збільшення площі поверхні взаємодії за рахунок зменшення розміру ліпідних частинок, зниження ζ -потенціалу, посилення фліп-флоп міграції. Наведений висновок про доцільність вакуумної обробки підтверджений виробничими умовами НПП «Старт трейд компанії Україна», коли з суміші ТАГ у вакуумі 3-9 кПа виділяють вільні ЖК (м. Дніпро). Тонко-плівкова дистиляція у глибокому вакуумі забезпечує високу чистоту вільних ЖК, екстрагованих з ТАГ(Додаток Е, Додаток Ж).

Раніше нами (розділі 3.1, табл. 3.2) було показано, що НРЛs при розрідженні від 5-30 кПа активуються. До зразків вільних ЖК вносили підготовлені боби маш, як джерело LOXs/ НРЛs, розміщали у вакуумну конвективну установку, встановлювали розрідження 6 кПа, витримували 10 хв. Готували два зразки – з активними та інактивованими ферментами. Активність НРЛs реєстрували як зміну ароматичних компонентів на хроматографі, порівнюючи зразки з активними та неактивними ферментами (рис. 4.9, 4.10).

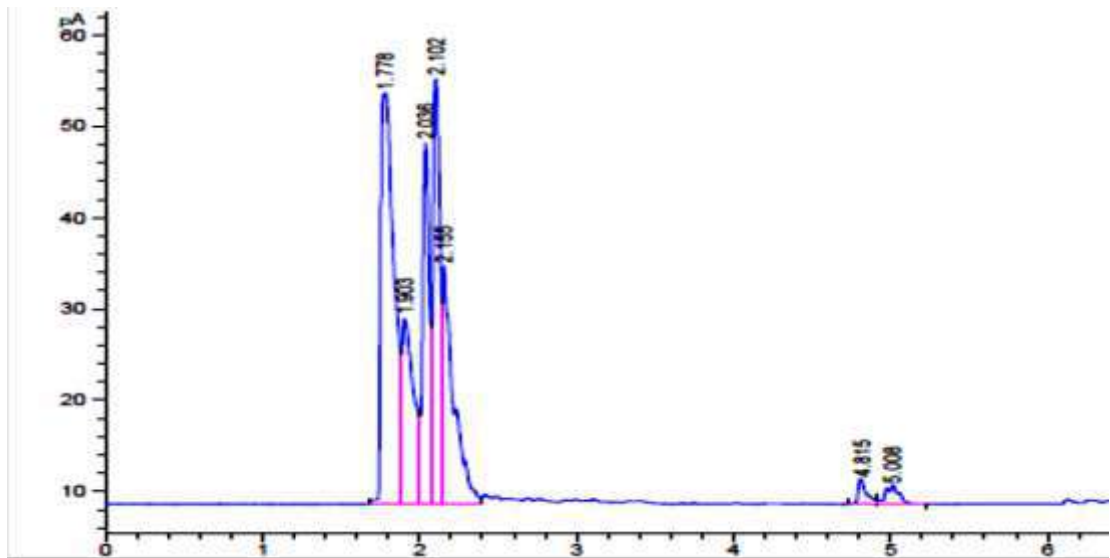


Рисунок 4.9 – Ароматограма ліпідного екстракту після комбінованої (теплової та вакуумної) обробки плодів огірка з активними НРЛ

Інтенсивність і площа піків ароматичних компонентів на рис. 4.9 та 4.10 свідчить про те, що під дією розклинюючого тиску шар води в міжфазовому біпрошарку ліпідів, оболонках гідратів навколо полярних частин попередників і ферментів-мембранних білків достатньо зменшується для здійснення реакцій між гідрофільними ферментами та гідрофобними попередниками.

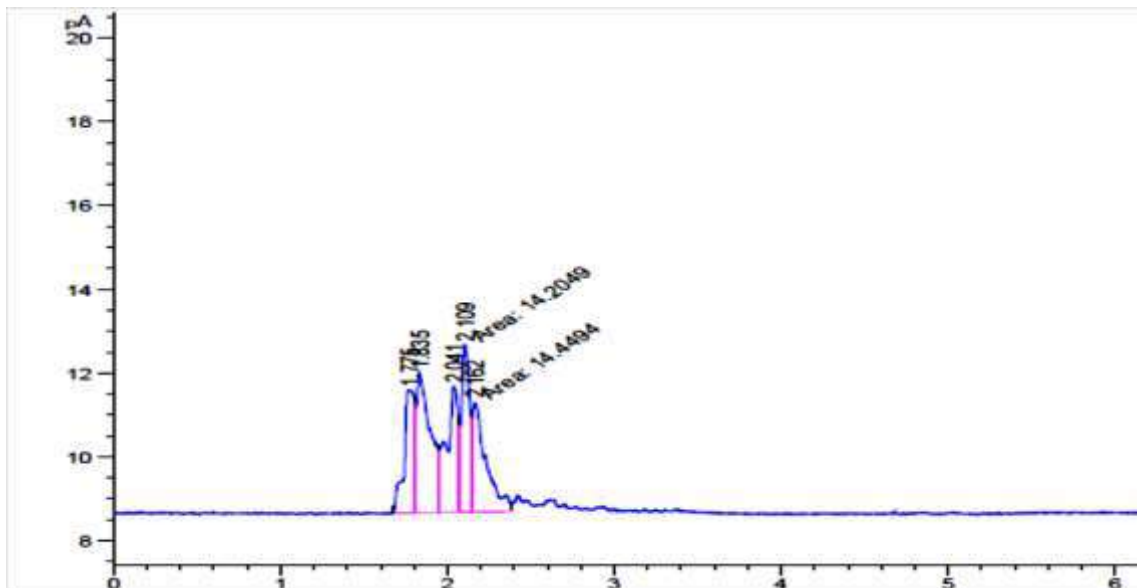


Рисунок 4.10 – Ароматограма ліпідного екстракту плодів огірка з не активними НРЛ

Структура поверхневого шару ліпідного біпрошарку формується у

результаті мимовільного зменшення поверхневої енергії (згідно із законами термодинаміки).

Для відновлення або утворення аромату нами доведена доцільність застосування розрідження 3–9 кПа. У таких умовах, на нашу думку, починають діяти закони розклинюючого тиску, згідно з якими змінюються електростатичні та молекулярні складові ліпідного біпрошарку клітин.

Будь-які інші зовнішні дії, що впливають на колоїдний розчин і призводять до зменшення розмірів дифузних шарів і величини ζ -потенціалу, також сприятимуть не злипанню часток, але їх рухливості. Локальні збурення в плівці ліпідного шару, що викликають її потоншення при розрідженні до 10 кПа й утворення області підвищеного поверхневого натягу, створюють градієнт поверхневого натягу, наслідком якого є швидкий рух мономолекулярного шару [406]. Цей шар під час руху захоплює з собою значні кількості рідини з розчину, що пролягає нижче та бере участь у відновленні області плівки, що стоншується, шляхом взаємодії між гідрофобним субстратом і гідрофільними ферментами за рахунок поверхневого перенесення [407].

У зв'язку з цілеспрямованим дослідженням закономірностей взаємодії між попередниками ліпідної природи, продуктами їх окиснення та ферментами в плодовій системі, нами розроблена матриця планування експерименту (табл. 4.8, 4.9). Початковий продукт – плоди, оброблені гідротермічно термічно 10 хв у воді 100 °С. Кінцевий продукт – плоди з відновленим ароматом (за числом аромату).

Таблиця 4.8 – Матриця планування експерименту

n	X 1	X 2	У середнє	У 1, У 2, У 3
1	-1	-1	1,95	1,95; 1,90; 2,00
2	1	-1	0,75	0,75; 0,7; 0,8
3	-1	1	2,45	2,45; 2,50; 2,40
4	1	1	1,40	1,35; 1,40; 1,45

Час обробки у лабораторній установці з конвективним нагрівом у вакуумі за вказаних значень температури та розрідженні – 50 хв. X_1 – тиск, кПа. Верхній рівень – 91,3 кПа, нижній – 1,3 кПа, інтервал варіювання –10 кПа. X_2 –

температура, °С. Верхній рівень – 46 °С, нижній – 20 °С, інтервал варіювання – 3 °С. Вихідне значення (Y) – число аромату, мл тіосульфату натрію/г.

Таблиця 4.9 – Значення параметрів X₁, X₂, Y

n	X 1	X 2	Y
X 1 і X 2 досліджені від -1 до +1			
1	1,3 (-1)	20 (-1)	1,95
2	11,3	23	1,90
3	21,3	26	1,85
4	31,3	29	1,80
5	41,3	31	1,75
6	51,3	33	1,70
7	61,3	37	1,65
8	71,3	40	1,50
9	81,3	43	1,45
10	91,3(1)	46 (1)	1,40
Вплив X 2, досліджено від 1 до -1			
n	X 1	X 2	Y
1	1,3 (-1)	46 (1)	2,45
2	11,3	43	2,30
n	X 1	X 2	Y
3	21,3	40	2,15
4	31,3	37	2,00
5	41,3	33	1,85
6	51,3	31	1,65
7	61,3	29	1,45
8	71,3	26	1,25
9	81,3	23	1,00
10	91,3(1)	20(-1)	0,75

Статистична обробка експериментальних даних щодо впливу глибини розрідження і температурного режиму обробки представлена у вигляді залежності та поверхні (рис. 4.11): $Y = 2,94 - 0,125 \cdot x_1 - 20,73/x_2$

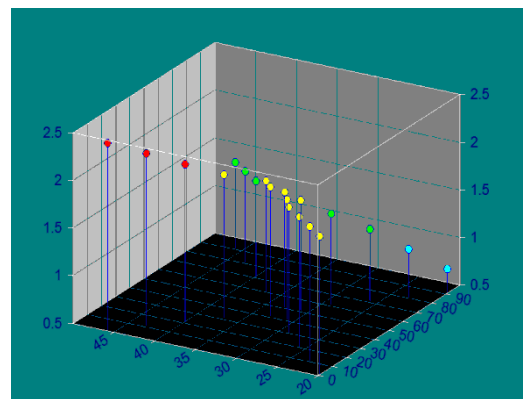
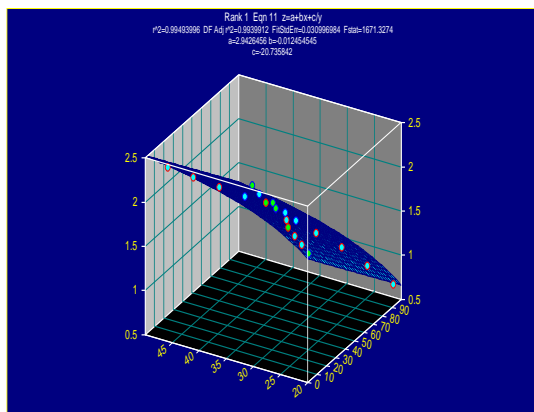


Рисунок 4.11 – Математичні моделі відновлення аромату

Отже, функціональна активність мембранних білків, у першу чергу, залежить від динамічних властивостей ліпідного матриксу мембрани, що забезпечують конформаційну рухливість ферменту – здатність білкової молекули

здійснювати оборотний конформаційний перехід. Кореляційна обробка даних для $z = f(x, y)$, де $x = x_1$, $y = x_2$, $z = y$ представлена в табл. 4.10 і 4.11.

Таблиця 4.10 – Кореляційна обробка даних

Rank	Eqn	z=a+bx+c/y									
XYZ	*	X Value	Y Value	Z Value	Z Predict	Residual	Residual%	95% Confidence Limits	95% Prediction Limits	Weights	
1	1.3	20	1.95	1.8896625	0.0603375	3.0942282	1.8497593	1.9295658	1.8130521	1.966273	1
2	1.3	46	2.45	2.4756755	-0.025675	-1.047979	2.4429442	2.5084068	2.4025439	2.5488071	1
3	11.3	23	1.9	1.9003508	-0.000351	-0.018466	1.8709405	1.9297612	1.8286441	1.9720576	1
4	11.3	43	2.3	2.3196803	-0.01968	-0.855666	2.2917954	2.3475653	2.2485856	2.390775	1
5	21.3	26	1.85	1.8798314	-0.029831	-1.612506	1.8580898	1.9015729	1.8109141	1.9487486	1
6	21.3	40	2.15	2.1589677	-0.008968	-0.417102	2.1357574	2.182178	2.0895731	2.2283623	1
7	31.3	29	1.8	1.8377893	-0.037789	-2.099403	1.8209918	1.8545867	1.7702686	1.9053099	1
8	31.3	37	2	1.9923901	0.0076099	0.3804933	1.9734231	2.0113571	1.9242973	2.060483	1
9	41.3	31	1.75	1.7593747	-0.009375	-0.535698	1.7445202	1.7742292	1.692311	1.8264384	1
10	41.3	33	1.85	1.799914	0.050086	2.7073518	1.7845775	1.8152505	1.7327419	1.8670861	1
11	51.3	31	1.65	1.6348293	0.0151707	0.9194391	1.6199748	1.6496837	1.5677655	1.701893	1
12	51.3	33	1.7	1.6753685	0.0246315	1.4489096	1.6600321	1.690705	1.6081964	1.7425407	1
13	61.3	29	1.45	1.4641529	-0.014153	-0.976062	1.4473555	1.4809503	1.3966322	1.5316736	1
14	61.3	37	1.65	1.6187538	0.0312462	1.8937109	1.5997868	1.6377208	1.5506609	1.6868466	1
15	71.3	26	1.25	1.2571041	-0.007104	-0.568327	1.2353625	1.2788457	1.1881869	1.3260213	1
16	71.3	40	1.5	1.5362404	-0.03624	-2.416029	1.5130301	1.5594507	1.4668459	1.605635	1
17	81.3	23	1	1.0285327	-0.028533	-2.853267	0.9991223	1.0579431	0.9568259	1.1002394	1
18	81.3	43	1.45	1.4478621	0.0021379	0.1474386	1.4199772	1.4757471	1.3767674	1.5189569	1
19	91.3	20	0.75	0.7687535	-0.018753	-2.500461	0.7288502	0.8086568	0.692143	0.8453639	1
20	91.3	46	1.4	1.3547664	0.0452336	3.2309717	1.3220351	1.3874977	1.2816348	1.427898	1

Обробка в середовищі комп'ютерної програми Table Curve 3D дає такий результат: коефіцієнт кореляції $r^2 = 0,9949$, що свідчить про тісну кореляційну залежність величин X_1 , X_2 : $y = f(X_1, X_2)$. Значення коефіцієнта Ст'юдента свідчать про достовірність отриманих даних.

Таблиця 4.11 – Кореляційна обробка даних (продовження)

Rank	Eqn	z=a+bx+c/y				
r^2	Coef Det	DF Adj r^2	Fit Std Err	F-value		
0.9949399562	0.993991198	0.030996984	1671.3273697			
Parm	Value	Std Error	t-value	95% Confidence Limits	P> t	
a	2.94264558	0.029086471	101.1688753	2.88127849	3.00401267	0.00000
b	-0.01245455	0.000241311	-51.6119675	-0.01296367	-0.01194542	0.00000
c	-20.7358424	0.795850914	-26.0549332	-22.4149411	-19.0567438	0.00000
X at Fn Zmin	Y at Fn Zmin	Fn Zmin				
91.3	20	0.7687534585				
X at Fn Zmax	Y at Fn Zmax	Fn Zmax				
1.3	46	2.4756754876				
Procedure	GaussElim					
r^2	Coef Det	DF Adj r^2	Fit Std Err			
0.9949399562	0.993991198	0.030996984				
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Statistic	P>F	
Regr	3.2116682	2	1.6058331	1671.33	0.00000	
Error	0.016333821	17	0.00096081302			
Total	3.228	19				
X Variable:						
Xmin:	1.3	Xmax:	91.3	Xrange:	90	
Xmean:	46.3	Xstd:	29.468984588			
Y Variable:						
Ymin:	20	Ymax:	46	Yrange:	26	
Ymean:	32.8	Ystd:	8.4080162251			
Z Variable:						
Zmin:	0.75	Zmax:	2.45	Zrange:	1.7	
Zmean:	1.69	Zstd:	0.4121828925			

Визначення оптимальних умов обробки сировини у вакуумі було здійснено на прикладі ліпідної емульсії з вільною від гліцеридів олеїнової кислоти та екстрактом ферментів огірка. Обробка відбувалась в умовах атмосферного тиску при температурі $40\pm 2^\circ\text{C}$ (1) та при розрідженні 7 кПа (роторний вакуумний випарник) при температурі $40\pm 2^\circ\text{C}$ (2). По завершенню ферментолізу через 60 хв оцінювали вміст ароматичних компонентів (рис.4.12, табл.4.12), який збільшився від 0,5 мкг/мл до 15,5 мкг/мл.

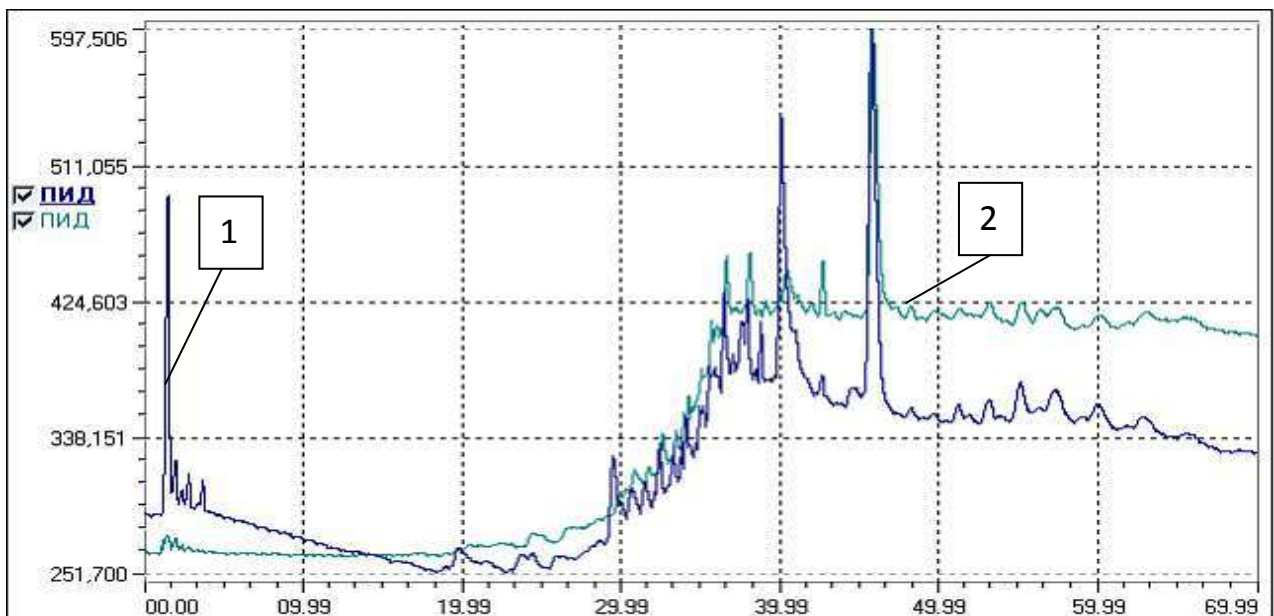


Рисунок 4.12 – Хроматограма АК за різних умов ферментолізу

Таблиця 4.12 – Вміст АР в зразках за різних умов ферментолізу, мкг/мл

Найменування	Ферментоліз 1	Ферментоліз 2
Леткі сполуки C ₆	0,210±0,002	1,825±0,001
Леткі сполуки C ₇	0,299±0,002	13,63±0,002
Всього	0,509±0,003	15,46±0,002

Отже, для прийняття ефективних технологічних операцій обґрунтовані ефективні значення чинників обробки сировини у вакуумі. Запропоновано заходи щодо оптимізації технологічних параметрів для максимального відновлення або утворення АР. Перевірено розроблену теоретичну модель на адекватність, виявлені високі коефіцієнти кореляції. Обмеження, викликане реакціями з участю водорозчинних ферментів та гідрофобної фази попередників,

суттєво зменшується при дії розрідження на попередники аромату. Таким чином, сформульований чинник впливу на ароматоутворюючі реакції – активність HPLs, шляхом вивільнення під час розрідження 6 ± 3 кПа.

Ефективні реакції ароматоутворення відбуваються в діапазоні обробки у вакуумі при розрідженні від 3 до 30 кПа. Проаналізовано два види впливу на ферментативні процеси утворення аромату, які мають подібні умови (тепловий вплив і вакуум). Отримані рівняння, що описують залежність $Y = f(X_1, X_2)$, в якій Y – число аромату, мл/100 г, X_1 – розрідження (P) в системі, кПа, X_2 – вміст попередників аромату (C) ліпідної природи, % (табл.4.13). В установках (1 – мікрохвильова вакуумна установка, 2 – конвективна вакуумна установка), за вказаними параметрами обробляли кавунові оболонки (1), оболонки огірка (2) з додаванням вільних кислот «Біоіл».

Таблиця 4.13 – Моделювання процесів ароматоутворення залежно від глибини вакууму та концентрації попередників аромату

Параметри вхідні	Y, мл/100 г	Модель
Мікрохвильова установка («суха» перегонка)		
$X_1 = 16-19$ кПа $X_2 = 1,6-1,8$ %	2,50-2,70	$Y = 2,37 - 0,05x_1 - 0,02x_2$ $Y = 3,76 - 0,05P - 0,2C$
Конвективна вакуумна установка (гідроперегонка)		
$X_1 = 6-9$ кПа $X_2 = 0,6-0,8$ %	2,30-2,45	$Y = 2,6 - 0,07x_1 - 0,03x_2$ $Y = 2,76 - 0,033P - 0,2C$

З табл. 4.13 видно, що збільшення концентрації попередника (фактор X_2) в умовах розрідження 16-19 кПа збільшує число аромату на 0,2-0,4 мл/100г, що може бути результатом впливу поля НВЧ, яке, на відміну від конвективного впливу, селективно діє на попередники аромату ліпідної природи. Зі зниженням тиску (від 9 кПа до 6 кПа або від 19 кПа до 16 кПа) результат ферментативної реакції завжди буде кращим у вигляді збільшення числа аромату. Перевірка отриманих моделей показала, що вони добре відображають результати експерименту.

4.2.2 Технологія застосування желатинового желе в умовах гідрофільно-ліпофільних реакцій

Тригліцериди жирних кислот у клітинах рослинних тканин дуже тонко дисперговані, внаслідок чого вони на дуже великій поверхні стикаються з ферментами, що ініціюють реакції не лише утворення аромату, але і його відновлення в термооброблених субстратах. Особливістю кавунової м'якоті є наявність попередників аромату – ліпідів цитоплазматичних мембран клітини. Деструкція вільних ліпідів і вивільнення міцнозв'язаних ліпідів при термічній обробці робить їх доступнішими для дії ароматутворюючих ферментів. Нами було показано, що такими ферментами є LOX, HPL рослинного походження. Утворення аромату – каскадний процес, що розпочинається з відщеплення залишків високомолекулярних жирних кислот ліпазою. Складність проведення реакції з ліпазою полягає у формі представлення гідрофобного субстрату та водорозчинного ферменту. Для протікання такої реакції потрібні умови міжфазової активації – велика поверхня зіткнення між субстратом і ферментами. Вірогідність значного збільшення активності ліпази в желатиновому розчині досить висока, оскільки молекули білків у ньому представляють природні поверхнево-активні наночастки, що мають властивості, притаманні наносистемам. Мета цього етапу досліджень – встановити оптимальні умови ароматизації з попередниками кавунової м'якоті та ферментами в технології приготування желатинового желе.

Найбільш перспективним природним джерелом ліпази та LOX, на наш погляд, є пшеничні висівки. Це пов'язано, по-перше, з тим, що, на відміну від сої, у висівках висока активність не тільки LOX, а двох видів ферментів ліпаз та LOX; по-друге, з достатньою активністю ферментів (LOX 5,8–8,7 Е/мг білка, ліпази 2,7–3,0 Е/мг білка [244, 408]) і смаковими характеристиками.

Екстракт ферментів – безбарвна рідина, без смаку та запаху. Свіжу м'якоть кавуна після подрібнення уварювали протягом 20 хв, протирали через сито, відділяли кісточку. Для досягнення однорідної консистенції частково (до 30 %) видаляли самопливно безбарвну клітинну плазму. Підготовлена кавунова

м'якоть після термічної обробки містить попередники для ароматоутворюючих реакцій в плодових волокнах темно-червоного кольору з характерним запахом варених плодів.

Готовий продукт – желе з кавунової м'якоті готували з розчину желатину та підготовленої кавунової м'якоті (контрольний зразок). Водний розчин желатину концентрацією 6 % готували, як прийнято в кулінарній практиці. У технології желе може бути використано декілька способів з'єднання желатинового розчину та продукту. Спочатку використали найбільш поширений спосіб заливання гарячим (90 °С) желатиновим розчином підготовлених продуктів, у даному випадку кавунової м'якоті. Екстракт ферментів додавали в суміш желатину та кавунової м'якоті у співвідношенні 1 : 5, що знижує первинну концентрацію желатину до загальноприйнятої 10 %. Технологічну операцію проводили після охолодження суміші до 40 °С, щоб уникнути теплової інактивації ферментів. Для рівномірного розподілу екстракту суміш перемішували, охолоджували спочатку за кімнатної температури, щоб молекули полімеру утворили каркас, а потім – за температури 0...8 °С. Час формування желе 2,5...3 год.

Міцнозв'язані ліпіди кавунових волокон у гарячому розчині желатину краще розподіляються на межах розділу фаз, забезпечуючи значну доступність до мембранозв'язаних ароматичних попередників. Дії, що викликають розпушування структури мембран, сприяють активації процесів окиснення ненасичених ліпідів, від яких залежить окиснювальне утворення летких сполук. Проте, на думку експертів, які аналізували органолептичні показники готового желе, синтез *de novo* ароматичних речовин був відсутній, переважав запах увареної кавунової м'якоті.

Дослідження мікроструктури свіжих кавунових волокон і желе (рис. 4.13), приготованого за вищезазначеною технологією, показало зміну забарвлення ліпідних компонентів. У техніці цитології безбарвні ліпіди забарвлюють спеціальними розчинами. Лікопін проявляється у вигляді твердих мікрокристалів типового яскраво-червоного кольору. Лікопін, розчинений у ліпідах або інших

розчинниках, змінює колір до жовтого або помаранчевого внаслідок ізомеризації. Для аналізу відбирали 1 мг зразка готового желе, монтували на предметні стекла електронного мікроскопа у вигляді препарату «роздавлена крапля», досліджували за 100-разового збільшення.

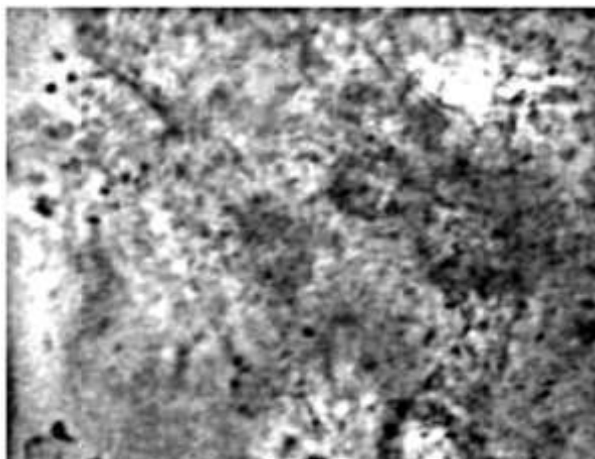


Рисунок 4.13 – Розподіл часток м'якоті кавуна у гарячому розчині желатину

Як видно на рис. 4.13, інтерміцелярний простір між кавуновими волокнами заповнений крапельками, забарвленими в оранжево-жовтий колір. Використання гарячого розчину желатину сприяє виділенню ліпідів і розчиненню в них лікопіну, що має антиоксидантні властивості та перешкоджає протіканню окиснювальних реакцій. Як наслідок таких процесів – зміна аромату в готовому продукті не відбулась.

Важливим моментом для відновлення аромату за допомогою ліполітичних екзоферментів є характеристика асоціатів желатину як нового типу поверхнево-активних речовин. Дія розчину желатину може полягати в електростатичному зв'язуванні ферментів, сополімеризації, включенні ферменту в полімер. Унікальні властивості желатинових гелів, пов'язані зі спіральною конфігурацією поліпептидних ланцюгів, стабілізуючою дією водневих зв'язків, можуть успішно здійснювати ферментативний синтез аромату. Процедура іммобілізації ферментів у желатиновому розчині полягала в такому: комплекс ферментів вносили в теплий розчин желатину з температурою 45...42 °С у співвідношенні розчин : екстракт 3 : 1, перемішували 2–3 хв, витримували 5 хв і вводили в підготовлену кавунову м'якоть, охолоджували (дослідний зразок). У

контрольному зразку желе екстракт ферментів замінювали водою в такому ж співвідношенні.

Органолептичний аналіз контрольного зразка та желе з використанням екстракту ферментів показав істотну різницю у характеристиці аромату. Дослідний зразок мав тонкий аромат свіжого плоду, солодкуватий відтінок і основні ноти, характерні для свіжого кавуна. Оцінюючи наближеність аромату готового желе до свіжого запаху, експерти поставили 87–90 %. У контрольному зразку через відсутність активних ферментів аромат готового продукту не змінився. Роль ферментів, що вводяться, у реакції утворення аромату можна підтвердити також шляхом їх термічної інактивації. Аромат желе, приготованого з екстрактом ферментів, інактивованих кип'ятінням, не відрізнявся від контрольного зразка. Отже, процес відновлення аромату в желе з увареної кавунової м'якоті, очевидно, має ферментативну природу.

При ферментативному окисненні ліпідних компонентів утворюються, в першу чергу, карбонільні сполуки. Для кавунової м'якоті в готовому желе характерне інтенсивне утворення і накопичення наонадіеналів і гексаналів. Ця реакція наближає запах продукту до свіжого зразка, оскільки один із ключових компонентів аромату кавуна – 4-оксонональ. Важливу роль у процесі вивільнення карбонільних сполук із харчової матриці відіграє желатин. Причому альдегіди десорбуються з готового продукту більшою мірою, ніж кетони, на 80 і 30 % відповідно. Припускають, що кетони можуть вступати в специфічну взаємодію із желатином [75].

У дослідному зразку ферменти, очевидно, покривають найтоншим шаром міцели драглеутворювача. Екстракт ферментів є частиною молекулярно-дисперсної системи водного розчину желатину, бере участь в утворенні тривимірного каркаса, що визначає механічні властивості системи. Желатинове желе, маючи властивості поліелектроліту, забезпечує електростатичне тяжіння молекул субстрату. Окрім електростатичних механізмів зв'язування субстрату та ферментів у желе, значна роль може належати адгезії як специфічній, так і механічній. Роль цього чинника може бути підтверджена в іншій технології

приготування желе, коли екстракт ферментів вводять не в розчин желатину, а в підготовлену кавуну м'якоть за температури 30 °С. Після перемішування впродовж 15 хв здійснюють заливання желатиновим розчином. У готовому желе відбувається відновлення втраченого аромату, але переважно за рахунок процесів адгезії.

Зміна аромату в період фазових переходів, коли адгезійні процеси посилюються або зменшуються, показала істотну різницю в оцінках. За мірою переходу з охолодженого готового міцного желе до гелеподібного продукту, потім після нагрівання – до стану золю, запах помітно погіршувався. Після повторного застигання (перехід із золю в гель 2 і в желе 2) аромат наближався до відновленого. У період фазових переходів у желе вимірювали число аромату (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Число аромату зразків під час фазових переходів желе

Зразок	Число аромату в желе, мл Na ₂ S ₂ O ₃ /100 г	
	відновлений аромат	адгезійний аромат
Желе-гель	67±2	25±2
Гель-золь	90±2	40±2
Золь-гель 2	52±2	27±2
Гель 2-желе 2	60±2	20±2

Як видно з табл. 4.14, у желе з відновленим ароматом за рахунок іммобілізації ферментів у желатиновому розчині міститься більша кількість ароматичних сполук, аромат відновлюється в значно більшій мірі, ніж у зразках желе (адгезія). Розчин желатину, маючи поверхнево-активні властивості, забезпечує максимальну доступність субстрату кавунових волокон до активних центрів ферментів висівок пшениці. У період міжфазових переходів гель-золь аромат вивільняється із харчової матриці і число аромату стає дещо більшим, ніж у готових зразках. Зменшення числа аромату в період золь-гель-желе також пов'язано з властивостями полімерів утримувати леткі компоненти в харчовій матриці. У желе (адгезія) відновлення аромату кавуна пройшло частково, а після повторного желювання аромат не відновився. Зразки у вигляді золів мали різні характеристики: у желе (відновлений аромат) переважали свіжі тони як результат дії ліпоксигенази, у желе (адгезія) переважали уварені ноти й овочеві. Із желе

(відновлений аромат) та желе (адгезія) у випадковому порядку відбирали зразки для вивчення мікроструктури за 100-разового збільшення (рис. 4.14 а, б).

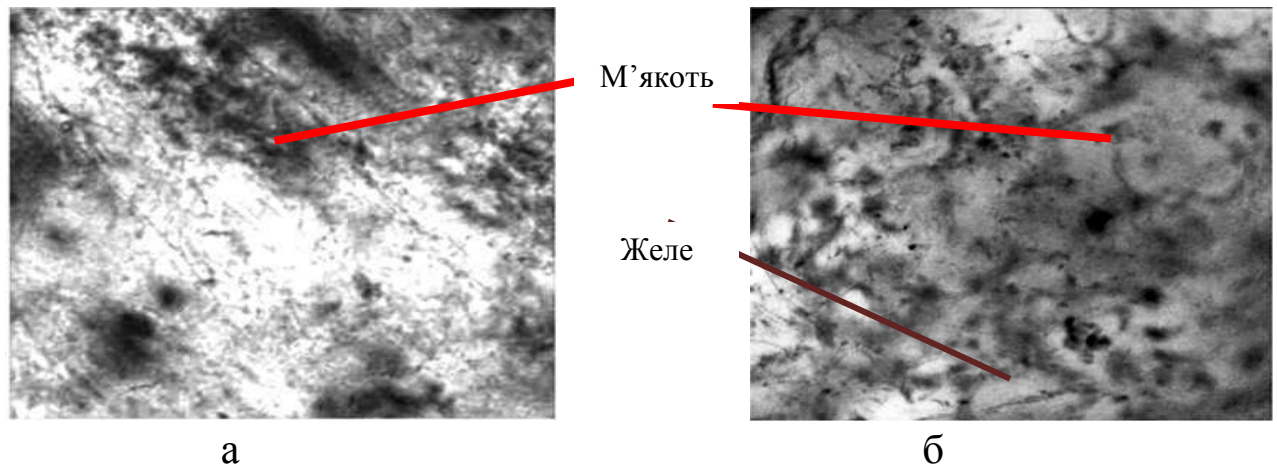


Рисунок 4.14 – Інтерміцелярний простір кавунової м'якоти (а) та желатинового желе з кавуною м'якоттю (б)

За таких умов проведення досліджень спостерігали тільки ультраструктурні зміни такого характеру: сферичні мікротіла, вакуолі, пігментовані глобули, а також інші структурні органели, по-різному розміщені в желе. На рис. 4.14 (а) видно тенденцію самоорганізації в об'ємі, взаємної флокуляції і концентрація структурних одиниць в місцях протікання реакції. На рис. 4.14 (б) переважає волокнисто-впорядковане розміщення компонентів, характерне для кавунової м'якоти без ферментативної обробки. Аналіз інших мікрофотографій, виконаних для досліджуваних зразків у 3-разовій повторюваності, узгоджуються з результатами, наведеними вище. Це підтверджує, що між білок-білковими асоціатами желатин-фермент і частинками м'якоти відбувається взаємодія, що посилюється у міру переходу розчину желатину в структуру з потрійними молекулярними ланцюгами. Процеси адгезії, очевидно, відіграють другорядну роль у процесах відновлення аромату.

За використання комплексу ферментів, таких як ліполітичні ферменти пшеничних висівок, необхідно додавати поверхнево-активні речовини, розчини міцел, що викликають зміни в доступності цих ферментів для проведення реакцій. Спосіб введення екстракту ферментів у розчин желатину та кавунову

м'якоть істотно вплинув на швидкість і глибину протікання реакції утворення аромату. Перевага використання желатинових розчинів полягає у здатності іммобілізувати (зв'язувати) ферменти з водного екстракту, маючи поверхнево-активні властивості, багаторазово збільшувати поверхню контакту фермент-субстрат і забезпечувати електротяжіння часточок. У технології ферментативної ароматизації желатинових желе необхідно враховувати ці переваги.

У плодах невелика кількість попередників ліпідної природи утворюють ароматичні сполуки при окисненні. Реакції окиснення, як бажані для ароматизації, здійснюються за умови контакту між попередниками та ферментами, що відбулось у желатиновому желе, яке може бути приготоване з плодами, які втратили природний аромат. У перспективі необхідно детальніше розглянути процес іммобілізації ферментів у желатинових розчинах, що дозволяє створити швидкорозчинний ароматутворюючий комплекс. Наприклад, приготування желатинових плівок з подальшим сушінням або приготуванні істівної ароматизованої оболонки із застосуванням желатинового желе. Таким чином, наступним фактором впливу на ароматоутворюючі реакції є умови полімолекулярної адсорбції ферментів у желатиновому желе.

4.3 Практичні аспекти утворення аромату харчової продукції з рослинної сировини

4.3.1 Вплив антиокиснювальних властивостей плодової системи на протікання реакцій утворення аромату

У процесі приготування їжі природні антиокисники можуть бути видалені, що стає причиною високих швидкостей окиснення ліпідів, тому під час переробки харчових продуктів у них додатково вносять антиоксиданти (рис. 4.15).

Причини, за яких змінюється антиоксидантна активність овочів після приготування, такі:

- руйнування клітинних стінок і субклітинних відсіків та звільнення високої кількості антиоксидантних компонентів;

- термоінактивація окиснювальних ферментів;
- утворення нових сполук або антиоксидантів.

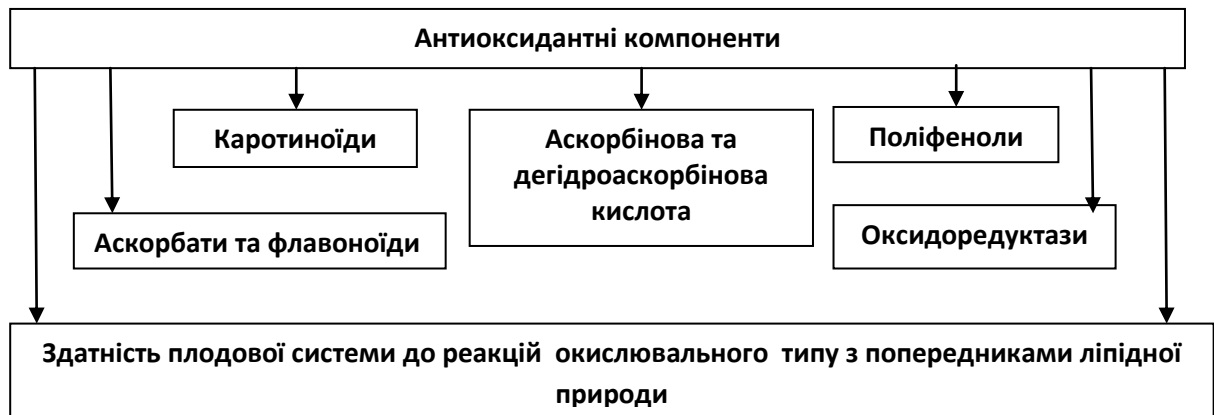


Рисунок 4.15 – Здатність плодової системи до окиснювальних ферментативних реакцій

Наростання рівня продуктів перекисного окиснення ліпідів і порушення функціонування антиоксидантної системи, як правило, знаходяться в прямій залежності. Відомо, що антиоксиданти не чинять прямої дії на ліпоксигенази, але гасять вторинні реакції окиснення. Безпосередньо інгібують ліпоксигеназу лише декілька сполук (катехоли й ескулетин та ін.). Специфічним є те, що головний ефект антиоксидантів у дослідженні перекисного окиснення не показовий, через особливості антиоксиданту у водних/ліпідних системах як усередині, так і на поверхнях. Багато антиоксидантів існують у позаклітинних рідинах, вони можуть або запобігти ініціації ліпідного пероксида або проникненню і залученню радикала у фазу поширення [409, 410]. Антиоксиданти можуть бути у водорозчинній формі (аскорбат, глутатіон, альбумін) та в ліпідній фазі (альфа та гамма токофероли, убіхінон, лікопін, лютеїн). Механізм їх активності відрізняється, деякі впливають на доступ синглетного кисню, інші – на окремі різновиди радикалів. ПНЖК, у присутності води, є особливо лабільними стосовно безлічі міжфазних взаємодій з окислювачами [411].

Деякі аскорбати й флавоноїди діють як прооксиданти в певних умовах і можуть мати подвійну біохімічну та фармакологічну дію [412]. Вимір антиоксидантної активності (АОА, %) зразків після пробопідготовки показав

відмінності результатів (рис. 4.16).

Наявність декількох ендогенних антиоксидантних систем у свіжих подрібнених плодах (I) зумовила найбільші значення АОА. На нашу думку, внаслідок порушення якої-небудь однієї антиоксидантної системи в розморожених плодах (III) антиоксидантна загальна активність виражена менше.

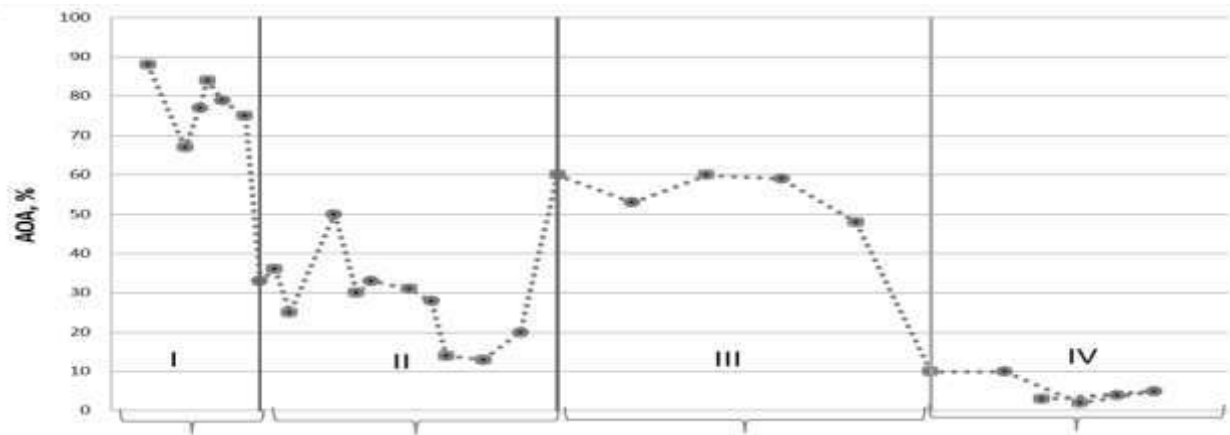


Рисунок 4.16 – Антиоксидантна активність досліджуваних зразків свіжих плодів (I), варених (II), після розморожування (III), екстракт ферментів (IV)

Варені плоди (II) у цілому мають значення АОА 10–20 %, але в чорній смородині та солодкому перці цей показник вище і становить 45–50 %. Отже, гідротермічна обробка огірків, гарбуза, кавунів, знижуючи значення АОА, сприяє подальшим окиснювальним реакціям, у тому числі і за участю ферментів. Найменші показники АОА у зразках з екстрактом ферментів (IV) пов'язані як із прооксидантними властивостями компонентів, так і з протіканням окиснювальних процесів.

У роботі Тенетка А. І. досліджено, що АОА позитивно впливають на збереження основних ароматичних речовин, а саме вищих спиртів, основних складних ефірів [413]. Застосування антиоксидантів в технології рожевих виноматеріалів позитивно впливає на інтенсивність їх аромату. Нашими дослідженнями підтверджено, що процеси утворення, втрати та відновлення аромату залежать від стану АОА плодової системи. Більшість ароматичних сполук виникає у результаті реакцій розпаду та внутрішньої реорганізації клітинних стінок рослин у процесі дозрівання [115]. Процеси розвитку аромату

відбуваються не в період раннього формування плодів, а нестримно під час клімактеричного підйому дихання, коли обмін речовин плоду змінюється на катаболізм. Незначна кількість ліпідів, вуглеводів, білків і амінокислот ферментативно перетворюються в прості цукри або кислоти та леткі сполуки [414]. Регулювати процеси утворення аромату з ПНЖК, шляхом їх окиснення, можуть речовини з антиокиснювальними властивостями, як, наприклад, пігменти. На модельних розчинах з олією Усатюк С. І. зі співавторами були показані антиокислювальні властивості хлорофілу [414]. Швидкість утворення аромату в плодах із клімактеричним дозріванням досягає максимуму в постклімактеричній фазі [414], тобто коли приходять до взаємодії три умови: ферментативні реакції, формування пігментації, накопичення цукрів. За цих обставин приймемо термооброблені гарбузові плоди як систему, що складається з основи (водна суміш цукрів і білків). У такому разі, на наш погляд, утворення аромату термооброблених гарбузових плодів відбувається за узагальненою схемою, яка подібна до природних умов формування аромату (рис. 4.17).

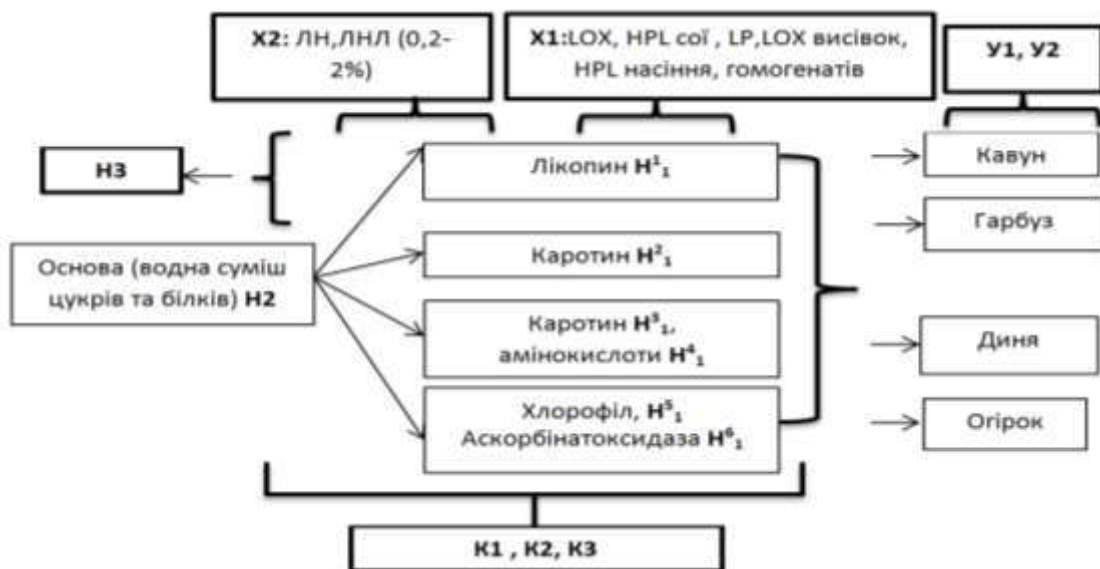


Рисунок 4.17 – Узагальнена імітаційна схема утворення аромату гарбузових плодів

На схемі зазначені чинники впливу на аромат, як було зазначено у розділі 2 (рис. 2.1, стор. 120):

У - утворення або відновлення аромату (вихідний параметр).

X_1 - наявність ароматутворюючих ферментів (вхідний параметр).

X_2 - наявність попередників (вхідний параметр).

H_1 - стан антиоксидантної системи плодів (порушуючий параметр).

H_2 - доступність попередників для керованих реакцій (порушуючий параметр).

H_3 – рухливість попередників (порушуючий параметр).

K_1 - збільшення площі поверхні контакту попередників з компонентами реакції (управляючі параметри).

K_2 - наявність прооксидантів (управляючі параметри).

K_3 - тиск/температура(управляючі параметри).

Нами запропонована модель узагальнених реакцій формування аромату гарбузових, які починаються з базового розчину – цукристих речовин. У базовому розчині присутні білкові компоненти і пігменти, залежно від плоду: лікопін – для гарбузового, каротини – для дині та гарбуза, хлорофіл – для огіркових плодів. Наявність у такій системі попередників, ферментів і регуляторів аромату з АОА, як зазначено на схемі, призводить до формування характерного профілю гарбузових. Наслідки технологічної переробки відображаються на здатності до протікання окиснювальних реакцій у плодовій системі. Окисно-відновний потенціал є важливим показником антиоксидантних властивостей [416], показником нормального зростання, розвитку та функціонування рослин [415].

У рослинному світі параметри ОВП особливо важливі для винограду та продуктів його промислової переробки. Речовини фенольної природи, на які багатий виноград, відіграють важливу роль в окисно-відновних процесах. Показник ОВП вказує на активність деяких ферментів, що є значимим під час вибору технологічних параметрів. У продуктах тваринного походження – один із показників якості ліпідів у м'ясі, який свідчить про якість технології, упаковки та зберігання [416]. Було показано, що як невисокі значення ОВП, так і зменшення цього показника свідчить про низьку швидкість окиснювальних реакцій або їх відсутність. На зміну ОВП впливають вітамін С, поліфеноли, інші речовини та ферменти [417].

Для здійснення ферментативних окиснювальних реакцій у плодовій системі значення ОВП може бути досить інформативним з точки зору реакційної здатності попередників. Багато речовин поліфенольної природи, пігменти, аскорбінова кислота, маючи антиокиснювальні властивості, виконують захисну функцію в стресових для плоду умовах [418]. До стресових умов відносять зміни температури, тиску, концентрації речовин. Тому для виміру ОВП використали зразки баштанних плодів після гідротермічної обробки, заморожування, екстрагованій комплекс ферментів (рис. 4.18).

Аналіз отриманих результатів показав, що плоди після гідротермічної обробки та заморожування можна умовно розділити на групи з високим і низьким значенням ОВП. Баштанні плоди відносяться до групи з невисоким значенням ОВП 60–110 mV. Область значень для плодів із стабільною антиоксидантною системою (слива, вишня) знаходиться у межах 180-220 mV.

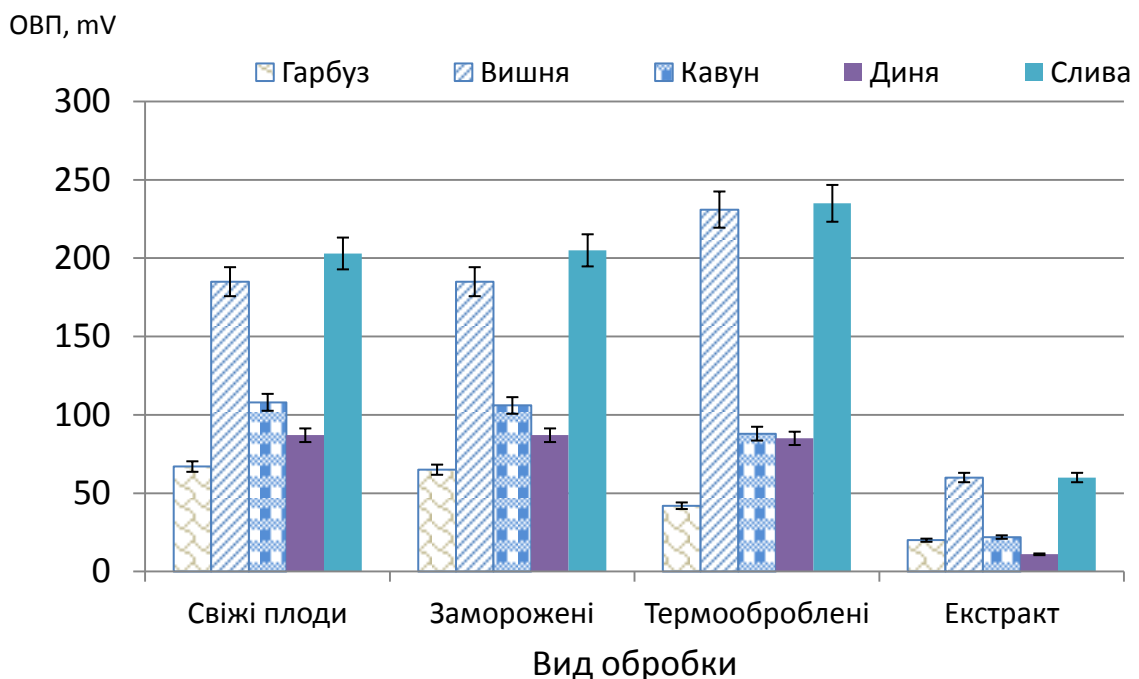


Рисунок 4.18 – Зміна ОВП у плодах та екстракті рослинних ферментів

Аналіз зміни ОВП довів наступні закономірності: дрібні плоди зі стабільною антиоксидантною системою (вишня, слива) після термообробки мають підвищення значення ОВП на 30-40 mV, у той же час баштанні плоди

мають протилежну тенденцію – до зниження ОВП на 30 ± 10 mV. Особливість ОВП полягає в тому, що у свіжих заморожених гарбузових плодів ОВП практично не змінюється після розморожування, а при подальшій термічній обробці свіжий аромат зберігається. Наприклад, для свіжої замороженої дині ОВП складає 85-88 mV, а після розморожування і термічної обробки – 75 mV. Аромат плодів зберігався при сталому значенні ОВП, втрачався при зниженні ОВП. Відмінності ОВП екстрактів ферментів свідчать, що активність електронів в екстракті ферментів набагато нижче, ніж активність електронів у плодовій системі. ОВП екстракту ферментів гарбузових порівняно з дрібними плодами менше в 3 рази.

ОВП, як показник активності електронів, значно впливає на функціональні властивості електроактивних компонентів біологічних систем, тому активно досліджується у тому числі для виділених ферментів. ОВП рослинних ферментів класу оксидоредуктаз від -230 мВ і нижче: в залежності від рН для дисульфідних / дітіольних пар шпинату і тіоредоксіна гороху значення ОВП (E_m) при рН 7,0 - 290 мВ для ферментів шпинату -290 мВ, -320 мВ, -315 мВ, гороху -330 мВ [419].

Дані літературних джерел свідчать про наявність ліпази та ліпоксигенази у пророслому насінні огірка, кавуна та гарбуза, активність їх дії залежить від терміну пророщування. Нами досліджено ОВП екстрактів із пробудженого насіння кавуна, огірка, гарбуза протягом 48 годин. Проросле насіння замочували протягом доби, витримували у зволоженому стані, подрібнювали, настоювали 30–40 хв та вилучали ферменти екстрагуванням, виміряли ОВП у рідкій фазі, (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 – Зміни ОВП пробудженого насіння

Термін зберігання, год	ОВП насіння, мВ		
	кавунове	огіркове	гарбузове
Свіжий розчин	-113±1,5	-121±1,1	-60±1,1
24	-118±1,3	-130±1,2	-75±1,3
48	-125±1,3	-135±1,2	-45±1,1

Різниця у результатах вимірювання ОВП екстрактів із насіння гарбуза, кавуна та огірка свідчить про те, що у добутих екстрактах активно діють

ферменти, змінюючи при цьому ОВП досліджуваної системи. Спостерігали збільшення ферментативної активності в ряду насіння: огірок > кавун > гарбуз. В експериментальних дослідженнях внесення екстракту ферментів з пророслого насіння до пюре з гарбузових не призвело до відновлення аромату. Це пояснюється, ймовірно тим, що в комплекс ферментів пророслого зерна входять окрім оксидантних і антиоксидантні ферменти.

Змінити ОВП системи можливо використанням розчину L-аскорбінової кислоти. При цьому ОВП екстрактів рослинних ферментів гарбузових плодів зменшується, що дає їм можливість ефективніше вступати у взаємодію. Відсутність реакції ферментів в окиснювальних процесах з попередниками пояснюється певними значеннями ОВП екстракту ферментів та пюре баштанних плодів. Можливість використання ліпоксигеназ у плодах із високим значенням ОВП з точки зору енергетичного балансу ускладнена. Це підтверджується результатами експериментів, у яких до ягід і баштанних плодів після термообробки додавали екстракт ферментів для відновлення втраченого аромату. З цієї очки зору в наступних дослідженнях нами використана L-аскорбінова кислота, як реагент з проокиснювальними властивостями. У технології виробництва вина описані властивості L-аскорбінової кислоти, як активатора окиснювальних процесів в плодовій системі, існує також ряд досліджень, які доводять посилення аскорбіновою кислотою окислювальних процесів та можливість стимуляції окислення жирних кислот в присутності збільшених доз АК (до 106,56 мМ) [420]. Нами була розглянута закономірність формування аромату залежно від ОВП і рН середовища. За об'єкт дослідження було обрано пюре із відвареної капусти, в ароматі якого наявні сульфідні групи, здатні змінюватись при різних рН. Для формування органолептичних характеристик страв із відвареної капусти рН є важливим показником. Для спрямування процесу ароматутворення в сторону окиснення використали збільшення L-аскорбінової кислоти та рослинних ферментів, виділених зі свіжої сировини. Як такі ініціатори зміни аромату для вареної капусти використовували молоко, пряні трави, екстракт ферментів, L-аскорбінову кислоту (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Окисно-відновні потенціали зразків з капусти

Продукт	Eh (у мВ) за рН			Аромат при макс. ОВП
	6	7	8	
Екстракт ферментів	160	140	110	Відсутній
Пюре зі свіжої капусти	58	38	35	Капусти
Капуста відварена з L-аскорбіною кислотою	90	100	70	Приємний, свіжий
Капуста відварена з молоком	120	45	35	Овочевий
Капуста відварена з пряними травами	80	168	100	Овочевий
Капуста відварена з додаванням екстракту ферментів	152	184	120	Приємний, свіжий

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Позитивний результат зміни аромату спостерігався у дослідах, результатом яких було збільшення окиснювальних процесів. Можна зробити висновок, що попередники, які містяться у пюре з відвареної капусти піддаються реакціям ароматоутворення. Під час зміни рН капустяного пюре до 8 ОВП зменшувався, найбільш оптимальним рН з точки зору формування аромату є значення 6–7.

У середовищі з відсутнім ароматом процеси ароматоутворення регулюються іншими природними сполуками. ОВП (Eh) є кількісною мірою окисної або відновної здатності досліджуваних попередників з термічно обробленого пюре гарбуза, кавуна, дині. Плодове пюре містить ряд хімічних сполук, здатних віддавати або приєднувати електрони (атоми H_2): L-аскорбінову кислоту, молочну кислоту, коферменти окиснювально-відновлювальних ферментів (дегідрогеназ, оксидаз) O_2 та ін. Під час ферментативних реакцій відбуваються зміни окиснювально-відновлювальних характеристик залежно від їх перебігу.

Оскільки LOX в аеробних умовах використовує кисень для здійснення вільно-радикальних реакцій, визначення ОВП має значення для прогнозування перебігу реакцій за участю цих ферментів. Далі до підготовленого пюре баштанних плодів додавали концентровані екстракти ферментів із кабачка, огірка, горохових стулок у співвідношенні 1 : 0,1 (пюре : екстракт ферментів), витримували 20 хв за кімнатної температури та спостерігали зміни ОВП (табл. 4.17).

Встановлено, що окиснювальні властивості ферментів огірка виражені найбільше при використанні L-аскорбінової кислоти. Це пов'язано з більшою активністю ферментів в екстракті, ніж у зразках з кабачків та горохових стулок.

Таблиця 4.17 – Зміни окисно-відновних характеристик гарбузового пюре з екстрактами ферментів

Показник	Екстракт ферментів, який вносили до пюре		
	кабачок	огірок	горохові стулки
Без додавання L-аскорбінової кислоти			
ОВП	80±2,0	68±1,5	79±2,1
pH	6,7	6,9	7,1
З використанням L-аскорбінової кислоти			
ОВП	104±2,5	117±2,7	108±2,2
pH	6,5	6,3	6,1

Встановлено, що окиснювальні властивості ферментів огірка виражені найбільше при використанні L-аскорбінової кислоти. Це пов'язано з більшою активністю ферментів в екстракті, ніж у зразках з кабачків та горохових стулок. Згідно з наведеними даними ОВП є важливим фактором для протікання окиснювальних ароматотвірних реакцій. В досліді простежувалась закономірність: в сумішах плодів з різним ОВП буде переважати аромат плодів з високим ОВП при рН, близькому до нейтрального. Це пояснюється тим, що за величиною $E_h > + (100 - 150)$ мВ, збільшується присутність у воді плодів вільного кисню, що створює сприятливі умови для ферментативного формування аромату з попередників.

4.3.2 Особливості затосування рослинних гомогенатів

До особливостей рослинних гомогенатів нами віднесені: вплив локалізації ферментів і мацерації тканин на модифікацію летких утворень, цис-транс ізомеризації каротиноїдів,

Раніше було показано, що гомогенати деяких плодів мають активність LOX, HPL. Було вивчено вплив імпульсного електричного поля PEF (Pulsed electric field) на інактивацію ліпоксигенази (LOX) томатного соку для тривалого зберігання [421]. Активна енергія для інактивації LOX за PEF становила 35,7 кДж/моль, що набагато більше ніж при заморожуванні. Активність цих

ферментів у свіжих плодах досліджена, тоді як зміни активності після заморожування не достатні, а для даних досліджень вбачаються важливими. У випадку периферичних білків (мембранозв'язаних ферментів) деякі модифікації біпрошарку призводять до їх активації. Наприклад, при додаванні до мембранних фракцій іонів Ca^{2+} або продуктів перекисного окиснення ліпідів спостерігається активація мітохондріальних фосфоліпаз [422].

Екстраговані ферменти гомогенатів огірків, перцю болгарського, томатів, полуниці свіжих і після заморожування за температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ були досліджені на субстраті – ліноленовій кислоті. Встановлено, що активність ферментів у гомогенатах зі свіжої сировини та після зберігання протягом 10 днів за температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ різна (рис. 4.19).

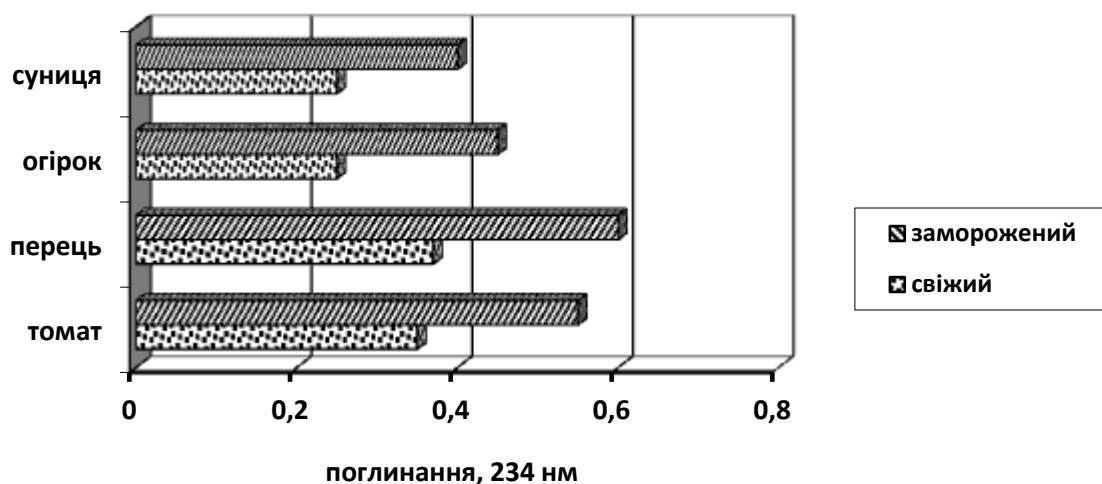


Рисунок 4.19 – Активність ліпоксигеназ у плодових гомогенатах

Гомогенати після розморожування відрізняються більш високою активністю ліпоксигеназ, як видно з рис. 4.19. Це підтверджується деякими роботами, оскільки ферменти стають активними після відтавання через ушкодження мембран, органел (особливо лізосом) і порушення ізоляції ферментів, їх активаторів [303]. Кристалізація води при заморожуванні індукує активацію мембранозв'язаних ліполітичних ферментів і, як наслідок, істотну зміну складу гідроперекисів жирних кислот мембранних ліпідів. Тому активація гідропероксид ліази для цього типу попередньої обробки плодів значно впливає на процес повторного утворення аромату. Крім того, запах альдегідів змінюється

за достатньої активності інших ферментів, наприклад, коли цис-транс-ізомерази перетворюють цис-3-зв'язок альдегідів у транс-2-зв'язок. Результати цих досліджень були використані при розробленні прискореної ферментації листя.

Ароматичні компоненти гомогенатів свіжих огірків, перцю болгарського, томатів, гарбуза, полуниці були розчинені в різних рослинних оліях. Олія кукурудзяна, лляна й какао-олія були вибрані, виходячи із вмісту поліненасичених жирних кислот (у середньому 60 %), здатності утворювати швидко висихаючі плівки. Необхідно зазначити, що лляна олія має специфічний запах, який пояснюють значним вмістом омега-3 кислот [423]. Технологія приготування ароматизованих емульсій складалася з таких операцій: свіжу сировину подрібнювали у блендері до стану тонкої суспензії, відбирали 15 г і додавали до 50 г олії (какао-олію заздалегідь нагрівали), перемішували в шейкері 20 секунд, настоювали 2 години за температури 6 ± 2 °C, потім витримували у вакуумі 20 хв, олію фільтрували від плодкових частинок, визначали зміни аромату в ній, приймаючи запах свіжої сировини за 100 %. В отриманій ароматизованій емульсії містилася невелика кількість плодового осаду у вигляді флокул.

Ступінь наближення до запаху свіжої сировини був різним, але досить високим у кожному зразку. Під час використання гомогенатів специфічний запах у лляній олії повністю змінювався, особливо при збільшенні часу настоювання до 5 годин. Кукурудзяна та лляна олія реагувала з АК гарбуза, болгарського перцю краще, ніж полуниці та томату. Для какао-олії органолептичні показники усіх зразків однаково високі. У лляній олії, порівняно з кукурудзяною, гірше абсорбувались аромати огірка. Висока активність ліпоксигенази в гомогенаті відповідала насиченості аромату в олії.

Питання цис-транс ізомеризації досліджувались нами при оцінці впливу каротиноїдів на формування аромату. Відомо, що LOX викликають знебарвлення каротиноїдів [366]. Як субстрат для утворення аромату вибрали кавунову м'якоть, з якої видалили клітинний сік. Один зразок уварювали протягом 15 хв (рис. 4.20 а), другий використали у свіжому вигляді (рис. 4.20 б). У кожен зразок вносили ПНЖК 5 % для розчинення лікопіну та його ізомеризації. У зразку зі свіжим кавуном спостерігали зміну забарвлення, що відбулась швидко в

результаті дії клітинних ендогенних LOX. Аромат у зразку зі свіжою м'якоттю змінився до інтенсивного, сильно вираженого, характерного для свіжого гарбуза.



Рисунок 4.20 – Зміни кольору кавунової м'якоті внаслідок цис-транс-ізомеризації лікопіну: А – термооброблена кавунова м'якоть, Б – м'якоть зі свіжого кавуна після ізомеризації лікопіну

Такі результати склалися як наслідок синергетичної дії ендогенних ферментів і ізомеризації лікопіну. Додавання ПНЖК у гомогенати значно збільшили рівні летких речовин і змінили їх характеристику. Це пов'язано з активізацією ліпоксигенази після переходу лікопіну в ліпідну частину, де АОА менш виражена стосовно LOX. В увареній м'якоті кавуна додавання ПНЖК не призвело до зміни кольору й аромату. Такий результат пов'язаний з термічною ізомеризацією лікопіну, його концентрацією і блокадою окиснювальних реакцій за участю LOX.

Досліджена деградація чистого лікопіну, з якого у твердому стані був виділений в леткій фракції 2-метил-2-гептен-6-он. Подальші дослідження показали, що при термічній обробці водної суспензії лікопіну ідентифіковані 2-метил-2-гептен-6-он, геранераль і нераль. Серед летких сполук, отриманих шляхом термічного розкладання лікопіну були й інші сполуки, 5-гексен-2-он, гексан-2,5-діон, 6-метил-3, 5-гептадієн-2-он, герани-1ацетат і псевдоіонон [424, 425]. У науковій літературі висвітлено питання щодо впливу цис-транс ізомерних форм лікопіну на аромат томатів [426]. Отже, ферменти каталізують утворення ароматів, пов'язаних із молекулами попередника при визначених цис-транс положеннях лікопіну (у кавуні) та каротиноїдів (у гарбузі). Таким чином, активність ферментів після розморожування рослинних гомогенатів, з відомим активним комплексом

ферментів LOX/HPL, залишається достатньою, цис-транс ізомеризація лікопіну впливає на формування аромату.

4.4 Фактори керованого впливу на процеси ароматоутворення

Деякі з летких сполук, отриманих із фермент-каталізованих окиснювальних розпадів ненасичених ЖК можуть бути також отримані автоокисненням [427]. Процеси окиснення і автоокиснення ліпідів призводять до різних кінцевих продуктів, особливо в харчовій сировині, де не лише ліпіди можуть вступати в реакцію з ліпідними вільними радикалами, гідроперекисами, альдегідами [428]. Основним процесом формування летких ароматичних сполук у рослинах є ліпідна деградація, яка відбувається через оксигеназне окиснення або α - та β -окиснення вищих жирних кислот [176]. Оксигеназне окиснення є важливим, оскільки воно призводить до утворення сигнальних молекул, що впливають на функціонування рослин. Тип продуктів окиснення ліпідів і їх органолептичні характеристики залежать від жирнокислотного складу сировини. У рослин основним шляхом отримання поліненасичених жирів є мікросомальне окиснення, яке включає реакції першої фази біотрансформації ендегенних сполук за участю ферментних систем мембран ендоплазматичного ретикулула (переважно ω -6 десатурази) та цитохрому P-450. У цих реакціях гідроксильються сполуки типу R-H з використанням одного атома молекули кисню.

Результати попередніх досліджень, наведених вище, свідчать, що вищі ЖК виступають попередниками для ароматичних реакцій, впливають на зміну профілю аромату плодів. Мікросомальне окиснення регулюється акцепторами електронів ліпідної природи, і зі збільшенням ступеня ненасиченості жирних кислот полегшується утворення радикалів жирних кислот. Це створює умови для утворення подвійних зв'язків у жирних кислотах, що дозволяє цілеспрямовано впливати на процес мікросомального окиснення. Процес каталізується десатуразами, які активуються при охолодженні сировини. Як було показано у розділі 3.1.3 за високої активності десатураз зростає кількість подвійних зв'язків,

що покращує умови для мікросомального окиснення. В умовах *in vivo* продукти окиснення мікросом зменшують лаг-період і сприяють миттєвому протіканню каскадних ферментативних реакцій, що призводить до накопичення ароматичних компонентів. Для біосинтезу аромату *in vitro* ми досліджували комплекс із підготовлених плодових гомогенатів і екстракту ферментів з висівок пшениці, що базується на окиснювальних реакціях у фермент-субстратних взаємодіях. Мікросоми, що є фрагментами ендоплазматичної мережі, містять ліпопротеїдний комплекс, регулятор окиснювальних процесів (цитохром) і каталізатор (десатурази) [429]. Таким чином, мікросомальне окиснення змінює кількість подвійних зв'язків у субстраті, готуючи його до дії ферментів, що сприяють утворенню аромату *de novo*.

Для миттєвого протікання каскадних ферментативних реакцій, що призводять до накопичення ароматичних компонентів, необхідно зменшити лаг-період (фаза затримки). У рослинах таку функцію виконує цитохромна система, суть реакцій якої полягає в гідроксилуванні речовини типу R-H з використанням одного атома молекули кисню. Електрони в синглетному кисні реагують з ненасиченими жирними кислотами в 1500 разів швидше, ніж у разі триплетного кисню повітря [139]. При окисненні лінолеату синглетним киснем може утворюватись чотири різні гідропероксида, відмінності в локалізації гідропероксидної групи дають різні продукти розкладання жирних кислот в залежності від тривалості та умов реакції.

Синглетний кисень отримують в апаратах МИТ-С або VORWEKS Термомикс (із спеціальним УФ пристроєм для продукування синглетного кисню) із паралельним подрібненням плодів. Апарати призначені для приготування синглетно-кисневої суміші (СКС), коктейлів, пінок, активації води (водних розчинів). Це компактне устаткування, що вимагає мінімальних навичок в обслуговуванні. Введення кисневмісних продуктів у раціон профілакторіїв, пансіонатів і санаторіїв свого часу стало інноваційною оздоровчою технологією. Ентеральна киснетерапія застосовується в дошкільних і шкільних установах, спортивно-оздоровчих комплексах, кафе та фітобарах [430].

СКС – це комплекс, одним із складових якого є синглетний кисень, другим – пінотворна суміш, третім – фітозбір або мінеральна вода, четвертим – сік. У цій роботі використали як піноутворювач 2 %-й водний розчин лецитину (60 %), суспензію ферментів із пшеничних висівок (10 %) і гомогенати з охолоджених зразків (30 %) кавунів, огірка, перцю і гарбуза. Готували чотири зразки із задалегідь охолодженими гомогенатами, у п'ятому і шостому зразках використали термічно оброблені гомогенати гарбуза та солодкого перцю, в яких запах свіжих плодів відсутній. У сьомому та восьмому – ферменти задалегідь інактивували кип'ятінням екстракту та додавали охолоджений огірковий гомогенат, гарбузовий гомогенат. Оцінювали аромат органолептично після закінчення процесу приготування СКС. Ідентифікація АР свідчила про протікання ферментативних процесів утворення аромату (табл. 4.18). Для визначення ролі синглетного кисню в реакціях синтезу аромату як специфічного прооксиданту, пінну гетерогенну систему (ПГС), описану вище, готували також в міксері Fillips. У цьому випадку в реакціях брав участь триплетний кисень повітря, а не синглетний. Проведена порівняльна характеристика аромату зразків, використаними в апараті МИТ-С.

Таблиця 4.18 – Характеристика аромату СКС

№ з/п	Назва гомогенату	Характеристика аромату в апараті МИТ-С	Характеристика аромату у міксері Fillips
<i>СКС: охолоджені гомогенати й екстракт ферментів</i>			
1	огірковий	огірковий, свіжої зелені	трав'яний, огіркові ноти
2	солодкого перцю	інтенсивний солодкого перцю	слабкий солодкого перцю
3	кавуновий	кавуновий, насичений	солодкий, гарбузовий
4	гарбуза	фруктовий, свіжої трави	кабачковий
<i>СКС: термооброблені гомогенати й екстракт ферментів</i>			
5	гарбузовий	свіжого гарбуза, флоральні ноти	слабкий овочевий
6	солодкого перцю	зелені, ноти солодкого перцю	слабкий зелені
<i>СКС: охолоджені гомогенати й інактивовані ферменти в екстракті</i>			
7	огірковий	горіховий	ледве вловлюваний
8	гарбузовий	злаковий	слабко гарбузовий

У чотирьох зразках з охолодженими гомогенатами був отриманий відчутний органолептично стійкий аромат свіжих плодів у пінних гетерогенних

системах. Нами було встановлено, що в кількісному відношенні запах був інтенсивнішим, ніж у початкових гомогенатах. Це пов'язано як із кількісно великим значенням компонентів запаху, так і з можливістю піни в гетерогенних системах десорбувати аромат у навколишній простір.

У міру збільшення карбонільних сполук (у солодкому перці та кавуні) запах максимально наближений до сировини, а у міру зменшення – нагадує його, але має відчутні відтінки. Органолептичний аналіз підтвердив протікання цього процесу появою аромату свіжоскошеної трави. У гомогенатах термооброблених пройшло відновлення запаху свіжого гарбуза, свіжого перцю. Це підтверджує гіпотезу, що відновлення аромату – ферментативний процес, що залежить від наявності в харчовому середовищі ферментів і попередників аромату. Інактивация ферментів в екстракті проявляє дію огіркових і гарбузових ліпоксигеназ, що призводять до утворення горіхового та злакового запаху.

У ПГС із плодовими гомогенатами аромати були менш виражені та менше відповідали свіжій сировині. У термообробленому гомогенаті відчутність відновлених запахів була слабкою. Дія огіркових і гарбузових ліпоксигеназ у зразку з інактивованими ферментами в екстракті не виявилась. Це можна пояснити тим, що у разі використання неочищених ферментів, необхідно використати поверхнево-активні речовини, розчини міцел, що викликають зміни в доступності цих ферментів для проведення реакцій. Отже, ПГС, отримані в міксері, відрізнялись від синглетно-кисневих менш інтенсивним і привабливим ароматом. Основні ефекти проявляються через утворення насичених і ненасичених спиртів та альдегідів C_6-C_9 , які притаманні свіжому аромату і відсутні в неокиснених субстратах. Суспензії висівок мають високу активність LOX, але аромат утворюється лише за умови наявності продуктів мікросомального окиснення. Додавання до суспензії висівок продуктів окиснення та ліноленової кислоти спричиняє переважання процесів, які формують аромати свіжоспеченого хліба та смажених горіхів.

Великою перешкодою для відчуття відновленого запаху є те, що карбонільні сполуки міцно утримуються в харчовій матриці. Тому гетерогенна

система у вигляді піни дає можливість сповна відчутти ступінь відновлення аромату, його інтенсивність, не застосовуючи складних процедур аналізу – хроматографічних, мас-спектрометричних та ін. Додавання харчових фіксаторів-біополімерів в ароматизовані піни, наприклад, желатину або крохмалю, дозволяє нам стабілізувати їх, але цей процес вимагає подальшої практичної реалізації.

Відомо, що синглетний кисень утворюється в хлоропластах у результаті взаємодії молекулярного кисню з хлорофілом. Ініціювання окиснення ПНЖК ліпідів можна здійснити за допомогою хлорофілбілкового комплексу (ХБК), виділеного із зелених частин рослин (горохові стулки, пророщені зерна – спраутси, шкірка огірка та кавуна та ін.). ХБК виділяли розчинами етанол-хлороформ з подальшим центрифугуванням. Нами був проведений порівняльний аналіз дії активаторів ХБК і окисненої жирної кислот (ОЖК). Оскільки вільні жирні кислоти є продуктами реакції окиснення по звичайному ланцюговому механізму вільнорадикальних реакцій: $ROOH + RCOOH \leftrightarrow (\text{комплекс}) RO + OH + RCOOH$, то може проявитися початковий лаг-період, але коли він закінчується, швидкість реакції підвищуватиметься тим сильніше, чим більше звільниться жирних кислот. У гарбузову м'якоть, з якої заздалегідь видалили клітинний сік пресуванням, додавали ОЖК і ХБК. Контрольним зразком була свіжа м'якоть (табл. 4.19). Пігменти хлорофілу та супутні хлорофілази сприяють насиченню киснем лінолеату і, як наслідок, утворенню перекису лінолеату.

Таблиця 4.19 – Показники окиснювальних змін ліпідів термообробленої гарбузової м'якоті*

Показники	Конт- роль	Гарбузова м'якоть термооброблена		
		ферменти	ОЖК	ХБК
Йодне число	150	104	80	22
Перекисне число, ммоль/кг $\frac{1}{2}$ O	2,5	3,15	6,6	5,0
Відновлення аромату	–	++	+	+++
Стійкість аромату (год)	2,5	6	3	5

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Як видно з табл. 4.20, взаємодія вільних жирних кислот гарбузової м'якоті з ХБК має більшу рушійну силу окиснення ліпідів. Вільнорадикальні форми

кисню, як і було показано вище, служать активаторами перекисного окиснення ліпідів. Для комплексів окиснених ліпідів із ХБК характерні високі значення перекисних чисел. Дії однієї лише ОЖК недостатньо для повноцінних ароматутворюючих реакцій, оскільки радикали, що утворюються, переходять у відповідні ізомеричні форми гідропероксидів ЖК, які не реагують з НРЛ. Використовувати ферментні активності з різних рослинних джерел для виконання послідовних реакцій – одна з переваг використання рослинних ферментів, які активуються природніми речовинами.

Для подальшого використання пробудженого насіння з метою використання ферментів були досліджені умови їх дії за присутності прооксиданта – хлорофіла. У дослідженнях використовували хлорофіл-білковий комплекс, виділений з паростків пшениці за схемою: паростки пшениці → подрібнення → змішування з водно-спиртовою сумішшю (1 : 1) → фільтрування → центрифугування → використання осаду.

Дослідили зміни ОВП екстрактів із насіння у поєднанні з ХБК, ЛН, ЛНЛ. Суміш ХБК та ЛН, ЛНЛ кислоти використовували як контрольний зразок, яке має значення рН близьке до 6,0, тобто близьке до оптимуму дії LOX, НРЛ. Екстракти, добуті із насіння, поєднали з ХБК (для ініціювання ферментативних окиснювальних процесів) у співвідношенні 1 : 0,1. Концентрація ПНЖК у досліджуваних зразках становила 0,2 %, як ПАР застосовували розчин лецитину 10 % (табл. 4.20). Зміну ОВП досліджували відразу, через 2 і 4 години.

Таблиця 4.20 – Зміни ОВП екстрактів із насіння під час ферментативних процесів (похибка не перевищує 5 %)

Термін зберігання, год	ОВП, мВ		
	свіжий	24	48
ХБК, ЛНЛ, ЛН (контроль)	120	–	–
Екстракт ферментів гарбузового насіння	80	40	32
Екстракт ферментів огіркового насіння	250	190	175
Екстракт ферментів кавунового насіння	165	140	124

ОВП у системах (табл. 4.21) має загальну тенденцію до збільшення. Це підтверджує, що прооксидант і екстракти з насіння підвищують активність окисно-відновних реакцій у системах. Різниця ОВП для свіжих екстрактів із насіння порівняно з контрольним зразком свідчить про наявність окисно-відновних ферментативних реакцій. Оскільки зміна ОВП з гарбузовим насінням відбувається в бік зменшення, це потребує особливих пояснень. Проросле насіння гарбуза містить фермент сатуразу, що зменшує кількість подвійних зв'язків у ПНЖК [90]. Дія цього ферменту на ПНЖК досліджуваної суміші довела повільне руйнування подвійних зв'язків у суміші. Отже, за відсутності необхідних попередників для LOX, HPL не діють у даному зразку, а ОВП зменшується в 2–2,3 рази.

У кожному досліді за 4 години ОВП поступово зменшується. Здатність до утворення ароматів вища в екстракті і ХБК, що зберігалися до 2 годин. Більш високе значення ОВП огіркового екстракту, порівняно з кавуновим, пов'язане з відсутністю поліфенольних сполук. Із пробудженого кавунового насіння поліфенольні сполуки оболонки частково екстрагуються, виявляючи інгібуючу дію на LOX, HPL. Для подальшого використання кавунового насіння як джерела LOX, HPL необхідно передбачати спеціальні умови виділення відповідних ферментів.

Отже, синглетний кисень, окиснена ПНЖК, як прооксиданти в умовах *in vitro* є важливою умовою активації ферментативних реакцій і скорочення лаг-періоду. Дослідження ароматів, що виникають під час катаболізму ПНЖК цитоплазматичних мембран, виявляє відмінності, зумовлені ізомерними формами ферментів і субстратів-попередників аромату.

Основні результати з визначення факторів керованого впливу на попередники аромату рослинної сировини були згруповані отримані теоретичні положення (рис.4.21). Доведено існування 15 основних факторів керованого впливу на реакції з попередниками аромату ліпідної природи, які дають уяву про їх доступність умови взаємодії, регулювання умов протікання реакцій з метою отримання необхідного результату ароматизації.



Рисунок 4.21 – Фактори керованого впливу на процеси утворення аромату

4.5. Реакції ароматоутворення макроміцетів при різних видах впливу

4.5.1 Дослідження ароматичних компонентів при ініціюванні ферментативних реакцій *Pleurotus ostreatus*

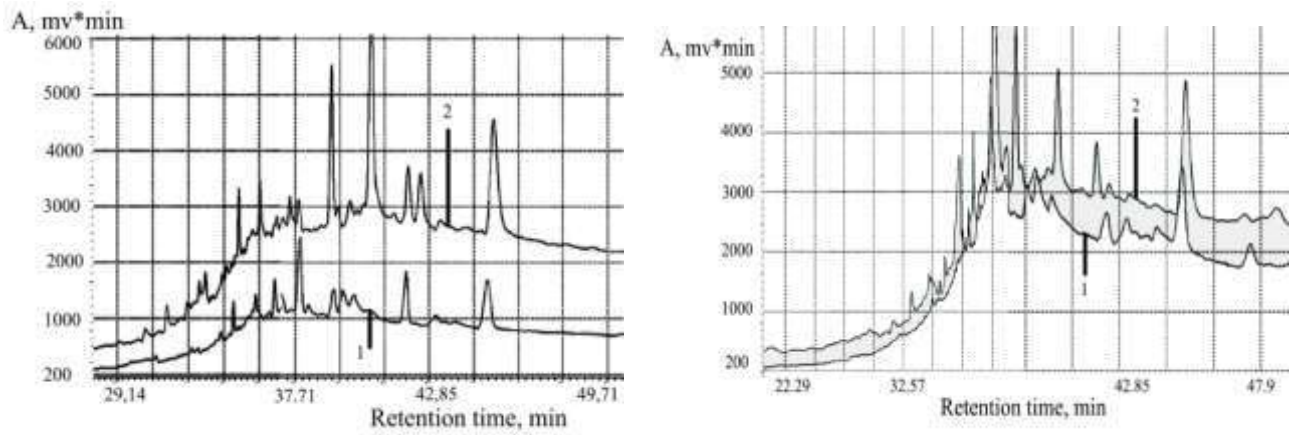
Відомо, що базидальні гриби мають потужну екзоферментну систему [431]. У деяких дослідженнях показано, що екстракт міцелію та культуральної рідини *Pl. ostreatus* глибинного культивування містять досить активний комплекс ферментів для згортання молока та формування сирного згустку подібно до сичужних ферментів [432]. Макроміцети розглядають як нове джерело пероксидази для промислових цілей на додаток до коріння хрону. Під час зростання міцелію відбувається збільшення активності ферментів та їх кількості. Серед комплексу оксидаз, який є у *Pl. ostreatus* виділяють не тільки пероксидази, а також лаккази (ЕС 1.10.3.2, п-дифенол оксидаза), які окислюють феноли [433]. Активність пероксидаз найвищих базидальних грибів, зокрема *Pl. ostreatus*, та її

зміни під впливом когерентного та некогерентного світла досліджено у роботі Поєдинок Н.Л. [434].

Пшеничні висівки (ПВ) розглядаються як ароматоутворююча добавка при твердофазному культивуванні [435], а її можливий вплив на формування аромату досліджується в плодових тілах. Слід зазначити, що при твердофазному культивуванні не зазначено про суттєвий вплив пшеничних висівок на аромат плодових тіл *P. ostreatus*. Перевагою рідкофазного культивування міцелію базидальних грибів є те, що отримані в рідких середовищах ароматичні речовини не вимагають витрат на виділення, можуть бути сконцентровані або перенесені на сухий носій. Тому дослідження були спрямовані на процес утворення ароматичних компонентів, їх розподіл у процесі рідкофазного культивування міцелію грибів *P. ostreatus*, що дозволить використовувати культуральну рідину як грибний ароматизатор. Вклад компонентів пшеничних висівок у процеси ароматоутворення досить прогнозований, але не перевірений остаточно під час культивування макроміцетів.

Ініціювання впливу на реакції між попередниками аромату та ферментами було досліджено в умовах *in vivo* міцелію їстівного гриба *Pleurotus ostreatus*, (Jacq.) P. Kumm., штам К 17. Взаємодія ліпідів та окислювачів носить вільнорадикальний характер, складається з трьох стадій і досить повно описаний для багатьох продуктів, що містять ліпіди [181]. Застосування цих знань до грибного міцелію обмежене, оскільки ліпіди поширені як дискретні фази, розсіяні у структурі гетерогенного матриксу. Тому дослідження природи утворення ароматичних компонентів у плодових тілах чи міцелії грибів пов'язують із активністю ферментів, здатних до окислення ПНЖК.

Фенольні речовини, екстраговані ПВ, здатні активізувати пероксидази гриба *P. ostreatus*, ініціюючи окислювальні процеси ліпідів. Порівняння профілю ароматичних компонентів міцелію гриба *P. Ostreatus*, культивованого на рідкому середовищі з додаванням пшеничних висівок (2) і без них (1), показало збільшення кількості ароматичних компонентів у першому випадку (рис.4.22).



а

б

Рисунок 4.22 – Фрагмент хроматограм АР *P. ostreatus*: а – міцелію, б – культуральної рідини, 1 – стандартне середовище, 2 – стандартне середовище з ПВ

Встановлено, що внесення пшеничних висівок призводить до збільшення вмісту основного грибного ароматичного компонента 1-октен-3-олу (рис.4.22). Пероксидази характеризуються специфічною активністю, яка може суттєво зростати зі збільшенням концентрації субстратів. Зміна профілю ароматичних компонентів міцелію на ГПД + ПВ в порівнянні з міцелієм ГПД пояснюється різним утворенням кінцевих продуктів реакцій окислення ПНЖК. Гідропероксида з 12 і більше вуглецевими атомами розщеплюються ферментами до летких сполук із 6-7 вуглецевими атомами за схемою, наведеною в розділі 4.2.1, стор.278.

Кількість ідентифікованих ароматів у культуральній рідині (КР) та міцелії відрізняється для зразків з додаванням пшеничних висівок і без них (табл.4.21).

Таблиця 4.21 – Концентрація АК в міцелії та культуральній рідині*, мкг/мл

№	Компонент	Зразки			
		Культуральна рідина		Міцелій	
		ГПД з ПВ	ГПД	ГПД з ПВ	ГПД
1	2	3	4	5	6
1	Леткі сполуки C ₆	1,890	1,652	22,47	20,4
2	Леткі сполуки C ₇	1,435	0,6262	2,750	0,419
3	Оцтова кислота	7,614	17,87	10,33	0,266
4	Гексаналь	0,00177	0,0101	0,00138	0

Продовження табл.4.21

5	2-пентилфуран	0,00385	0,0491	0,001	0,0643
6	1-октен-3-ол	0,0141	0,0100	0,007967	0
7	Октанол	0,01274	0,0245	-	-
8	Стирол	0,009779	0	0	0,005526
	Всього	10,97	20,25	35,56	21,15

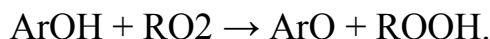
*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Аналіз ідентифікованих ароматичних компонентів показав, що в міцелії на ГПД з пшеничними висівками їх кількість у 3,2 рази більша, ніж у КР. Однак у зразках КР вміст основного компонента, що відповідає за грибний аромат (1-октен-3-ол) більше в 1,78 ніж у міцелії та в 1,4 рази, ніж у КР без ПВ. У міцелії загальна кількість ідентифікованих АК на поживному середовищі з ПВ більша в 1,75 рази. Концентрація ароматичних компонентів у КР без додавання ПВ у 2 рази більша, ніж у КР з додаванням ПВ. Це означає, що без ініціювання ферментативних реакцій в АК накопичуються в культуральній рідині. Культуральна рідина (КР), як місце накопичення вторинних метаболітів, у тому числі ароматичних компонентів, набуває практичної значущості. КР є прозорою рідиною з інтенсивним ароматом, серед компонентів якого переважає грибний. При цьому аромат вирощеного міцелію менш інтенсивний у порівнянні з культуральною рідиною.

Серед ідентифікованих повторних метаболітів ПНЖК *Pl. Ostreatus* присутні С₆ – С₇ альдегіди. Органолептично інтенсивність аромату в обох зразках ГПД (1); ГПД + ПВ(2) сприймалася на одному рівні. Порівняльний аналіз профілів ароматичних компонентів культуральної рідини з додаванням пшеничних висівок і без них показав ідентичність основних піків (рис. 4.22).

Зміна аромату в КР та міцелії *Pl. ostreatus* свідчить про вплив компонентів ПВ на розподіл та накопичення ароматичних компонентів у середовищі ГПД при стаціонарному культивуванні на рідкому поживному середовищі. При ініціюванні ферментативних процесів додаванням ПВ у міцелії накопичується більше ароматичних компонентів у 3,5 рази (табл.4.22). На цей час встановлено

досить обмежений набір класів субстратів для пероксидаз [436]. В той же час підтверджено, що субстратом для пероксидаз можуть бути феноли [437]. Фенольні антиоксиданти (ArOH) ефективно взаємодіють з гідроперекисними радикалами жирних кислот і ненасичених ліпідів в такій реакції:



Коли пероксидаза взаємодіє з фенольним субстратом, може відбуватися опосередковане хімічне окиснення іншого субстрату. Фенольні сполуки, утворюючи частки A', також генерують B' та H₂O₂, які можуть брати участь у подальших окислювальних процесах. Роль пероксидаз у формуванні аромату через окислення ПНЖК ще не вивчена в повному обсязі. Пшеничні висівки мають високий вміст фенольних сполук, зокрема алкілрезорцинолів і похідних коричної кислоти. Алкілрезорциноли є природними гомологами фенольних ліпідів. Антиоксидантну активність деяких гомологів алкілрезорцинолів досліджували в оліях та емульсіях типу «олія у воді». Крім того, встановлено, що оцтова кислота, яка має специфічний аромат, є вторинним метаболітом алкілрезорцинолів [440].

У поживному середовищі ГПД без ПВ (виключається ініціювання ферментативних окисних процесів) загальний вміст ароматичних компонентів у міцелії (21,15 мкг/мл) та КР (20,25 мкг/мл) розподіляється між ними у співвідношенні 50:50 (табл.2) . Додавання ПВ зсуває рівновагу між загальним вмістом ароматичних компонентів у бік накопичення їх у міцелії. Оскільки плодове тіла і вегетативний міцелій схожі за своїм біохімічним складом, то за результатами дослідження культивованого міцелію на рідких поживних середовищах можна прогнозувати аромат плодових тіл грибів. В основному міцелій та ПВ містять комплекс ідентичних ароматичних речовин і мають схожий хроматографічний профіль, проте компоненти грибного аромату збільшуються у зразках ПВ.

Оцтова кислота, як можливий вторинний метаболіт перетворень алкілрезорцинолів пшеничних висівок, також розподіляється не однаково у зразках з різними поживними середовищами. У поживному середовищі з

додаванням ПВ 40% оцтової кислоти накопичується в міцелії, а 60% - КР. У живильних середовищах без додавання ПВ оцтова кислота практично повністю накопичується тільки культуральної рідини, а міцелії практично відсутня. Це підтверджує здатність ПВ зрушувати рівновагу між загальним вмістом ароматичних компонентів у бік накопичення їх у міцелії.

Серед ароматичних компонентів істівних грибів восьмивуглецеві сполуки (1-октен-3-он, 1-октен-3-ол і 2-октенал) вважають найпоширенішими сполуками в грибах *Pleurotus*. Дослідження ароматів грибів зосередженні на питанні подовження терміну їх зберігання без втрати цінних ароматів. У той же час розуміння механізмів формування аромату може дати більше відповідей на шляхи його збереження. Розкладання гідропероксидів включає дуже складний набір шляхів реакції, якими формується безліч летких і нелетких продуктів. Ліпідний обмін пов'язаний із найрізноманітнішими сторонами життєдіяльності рослин та грибів: фотосинтезом, розвитком, клітинною проникністю, обміном мінеральних елементів, переходом органів рослин у стан спокою, стійкістю до перенесення несприятливих зовнішніх умов [431]. Тому аналіз жирнокислотного складу культуральної рідини та міцелію є важливою ланкою досліджень.

Жирнокислотний склад КР після 14 днів культивування на ГПД та ГПД + ПВ має різницю між кількістю жирних кислот, їх співвідношенням між насиченими та ненасиченими (табл.4.22).

Таблиця 4.22 - Жирнокислотний склад КР та міцелію ($p \leq 0,05$)

№	Група	Концентрація, %	Площа, мв*хв	Концентрація, %	Площа, мв*хв
		ГПД середовище з ПВ		ГПД середовище	
<i>Культуральна рідина</i>					
1	Насичені ЖК	15,2	27,3721	18,4	25,0805
2	МНЖК+ ПНЖК	31,2	56,1312	44,7	61,1320
	Всього	46,4	83,5033	63,1	86,2125
<i>Міцелій</i>					
1	Насичені ЖК	14,2	1725,8	12,8	513,6125
2	МНЖК+ ПНЖК	81,8	9899,6	85,1	3415,9657
3	Всього	96,1	11625,4	97,9	3929,5782

Жирнокислотний склад міцелію показав, що у зразку ГПД + ПВ кількість ПНЖК менша, ніж у зразку ГПД на 13,5 % . Аналіз якісного жирнокислотного складу міцелію доводить, що зменшення кількості загального вмісту ПНЖК в міцелії на ГПД і ГПД + ПВ лінолева кислота надає великий вплив (рис.4.22). Як було зазначено вище, саме лінолева кислота швидше окислюється пероксидазою.

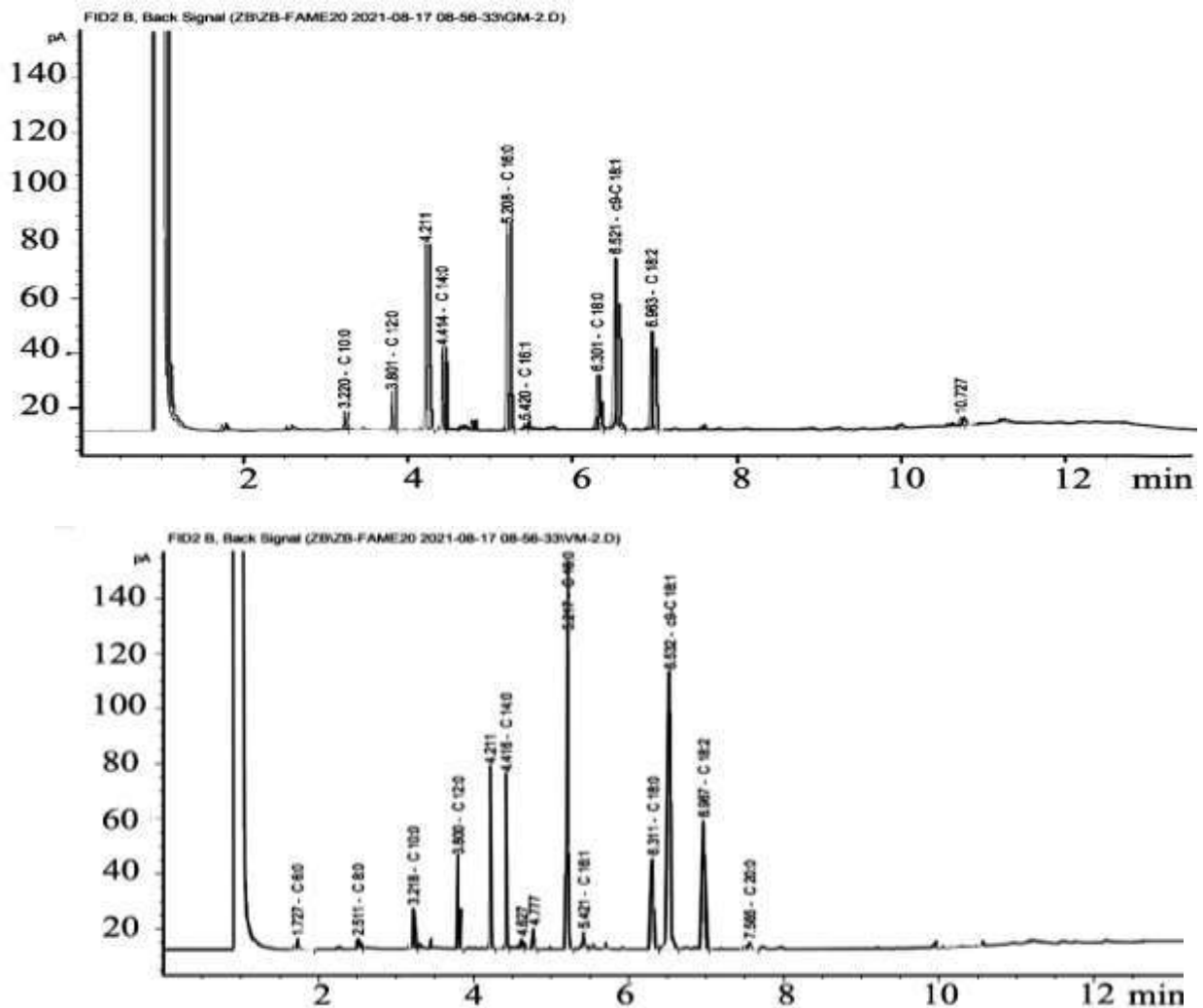


Рис. 4.23. Хроматограми жирнокислотного складу мицелію: ГПД (1), ГПД + ПВ (2);

Таким чином, дослідження культивованого міцелію з додаванням ПВ підтверджує ініціювання процесів за участю ферментів грибів. У міцелії вміст лінолевої кислоти становить 73,18 мкг/мл (без додавання ПВ) та 64,79 мкг/мл (з додаванням ПВ). У культуральній рідині вміст ліноленової кислоти 23,06 мкг/мл (без додавання ПВ) та 18,04 мкг/мл (з додаванням ПВ). Додавання ПВ відбивається на розподілі ліноленової кислоти в міцелії та культуральній рідині.

У зразках з ПВ – ліноленова кислота накопичується в міцелії, без додавання ПВ – в культуральній рідині. Різний характер розподілу ПНЖК пояснює збільшення кількості ароматичних компонентів у міцелії, де вони накопичуються інтенсивніше при додаванні ПВ і є попередниками аромату в наступних ферментативних реакціях.

Утворення активних форм кисню є специфічною реакцією на дію певних стресорів. Явище зсуву тканинного балансу антиоксидантів та прооксидантів у бік останніх називають «окислювальним стресом». Відомо, що проміжним компонентом пероксидазного окиснення можуть бути активні форми кисню. Їхня присутність не тільки прискорює процес окислення ПНЖК в 1400 разів, а й призводить до зміни складу ароматичних компонентів [139].

Коли лінолеву кислоту атакує синглетний кисень, гідропероксиди утворюються за всіх атомів вуглецю з подвійними зв'язками. Цей процес відрізняється від β -розщеплення, коли алкоксильний радикал формується лише за 10-го атома вуглецю. Це означає, що за наявності активних форм кисню, гідропероксиди утворюються і при 9-му та 13-му атомах вуглецю, як і у разі окислення, ініційованого вільними радикалами. Крім того, утворюються гідропероксиди при 10-му та 12-му атомах вуглецю [139], що істотно відбивається на якісному складі продуктів перекисного окислення ліпідів і, як наслідок, на подальшому процесі утворення ароматичних компонентів з гідроперекисів.

За результатами проведених досліджень, можна зробити висновок, що ПВ у концентрації, що використовується 20 г/л в стандартному поживному середовищі, служать ініціаторами окислювального стресу при культивуванні *P. ostreatus* та ферментативних реакцій з утворенням аромату. Кількісне та якісне вивчення ароматичних компонентів міцелію та КР їстівного гриба *P. ostreatus* показало, що внесення добавки пшеничних висівок впливає на утворення та розподіл ароматичних компонентів.

Таким чином, при культивуванні на рідкому поживному середовищі в стаціонарних умовах ароматичні компоненти, як вторинні метаболіти, присутні в

міцелії та КР. Кількісне та якісне вивчення ароматів міцелію та КР їстівного гриба *P. ostreatus* показало, що внесення добавки ПВ впливає компоненти їх аромату шляхом ініціювання ферментативних окисних реакцій ліпідів. Загальна кількість ароматичних компонентів концентрується в міцелії у разі додавання пшеничних висівок, а в стандартному поживному середовищі рівномірно розподіляється між міцелієм і культуральною рідиною.

Компоненти ПВ ініціюють реакції ароматоутворення *P. ostreatus*, що підтверджується кількісним та якісним складом ароматичних компонентів у міцелії та культуральній рідині. Основний компонент, що відповідає за грибний аромат 1-октен-3-ол, міститься більше в 1,4 рази в культуральній рідині з пшеничними висівками. У зразку міцелію з ПВ присутні два основних грибних компоненти аромату 1-октен-3-ол і гексаналь, а без ПВ ці важливі компоненти аромату відсутні. У міцелії, культивованому на ГПД + ПВ, загальна кількість ідентифікованих ароматичних компонентів більша в 1,7 раза, ніж на ГПД без пшеничних висівок.

Аналіз жирнокислотного складу КР та міцелію після 14 діб культивування показав у зразках з додаванням ПВ зменшення кількості лінолевої кислоти, яка окислюється в першу чергу при ініціювання процесу пероксидазами. Різний характер розподілу ПНЖК як попередників аромату пояснює збільшення кількості ароматичних компонентів у міцелії, де вони накопичуються інтенсивніше.

Результати цього дослідження підтверджують, що в утворенні основних грибних ароматичних компонентів 1-октен-3-олу, гексаналу брали участь поліненасичені жирні кислоти, а саме лінолева кислота. Її вміст зменшувався протягом культивування в середовищі з пшеничними висівками одночасно з накопиченням ароматичних компонентів. Отримані дані дозволяють встановити роль ініціювання ферментативних окислювальних реакцій в зміни аромату *P. ostreatus* при поверхневому культивуванні на рідкому поживному середовищі.

4.5.2 Вплив опромінення на реакції ароматоутворення та зміни складу жирних кислот макроміцетів

Відомі технології, що використовують лазери, як джерела світла для підвищення біосинтетичної активності різних живих організмів. Перевагою лазерного випромінювання є його здатність генерувати високу спектральну яскравість, яку не можна отримати від звичайних некогерентних джерел світла, а також можливість точного впливу лазера на внутрішньоклітинні процеси та регулювання біосинтетичних реакцій, що обумовлено селективним дією монохроматичного світла на електрони фоточутливих структур грибів і фоторецептори в мікробіологічних об'єктах і внутрішньоклітинні процеси в мікроорганізмах за участю хромофорних структур і збудження органічних часток (радикалів, перекисів).

Відомі способи інтенсифікації росту, плодоношення та біосинтетичної активності базидієвих їстівних макроміцетів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Lentinus edodes* (Berk.) Singer та *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers., які базуються на впливі на посівний міцелій цих видів грибів лазерного світла низької інтенсивності у червоній, синій та зеленій областях спектру (Деклараційний патент України № 53880 А на винахід «Спосіб стимуляції росту, розвитку і плодоношення вищого базидіального їстівного гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Sing»). Основними етапами цих способів були: підготовка поживного середовища, внесення міцелію, опромінення міцелію на різних стадіях росту. Виконання цих способів дозволяло отримати інтенсифікацію росту та плодоношення, а в деяких випадках і збільшення синтезу полісахаридів.

Відомі факти, що свідчать про стимулюючу дію УФ-променів (джерело – лазер ЛГИ-21) на біологічну активність та урожайність штамів *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach і *Polyporus arcularius* (Batsch) Fr. [441]. У міцелію, вирощеного з модифікованих під дією світла спор, також зберігається здатність до прискореного росту, спостерігається зміна у вуглеводному і ліпідному складі, а отже й у складі активності ферментів, що мають пряме відношення до метаболізму. Крім того, змінювалась й активність екзо-ферментів, а саме

целлюлозолітичного комплексу. Показано, що характер біохімічних змін у клітинах грибів залежить як від довжини хвилі, так і від інтенсивності світла, причому зниження інтенсивності світла супроводжувалося посиленням його регуляторного впливу [440].

Досліджено вплив лазерного опромінення світлом видимого діапазону спектра на каталазну активність культурального фільтрату і гомогенату міцелію 5 штамів базидіоміцета *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. за їхнього поверхневого культивування на стандартному глюкозо–пептонному середовищі. Встановлено, що лазерне опромінення червоним, синім і зеленим світлом упродовж 10 с викликає зростання каталазної активності культурального фільтрату й гомогенату міцелію майже усіх досліджуваних штамів. Дія комплексного лазерного опромінення червоним і зеленим світлом не викликає вірогідних змін активності ферменту у вивчених штамів. Найбільшою реакцією у відповідь на опромінення синім світлом характеризувалися штами F-04 та F-vv гриба *F. Velutipes* [442].

Опромінення LED впливає на жирнокислотний профіль міцеліальної маси макроміцетів (*H. erinaceus*, *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum*). Зміни відбувались як у кількісному так і якісному складі компонентів ліпідної природи (рис.4.24), що відобразилось на утворенні аромату.

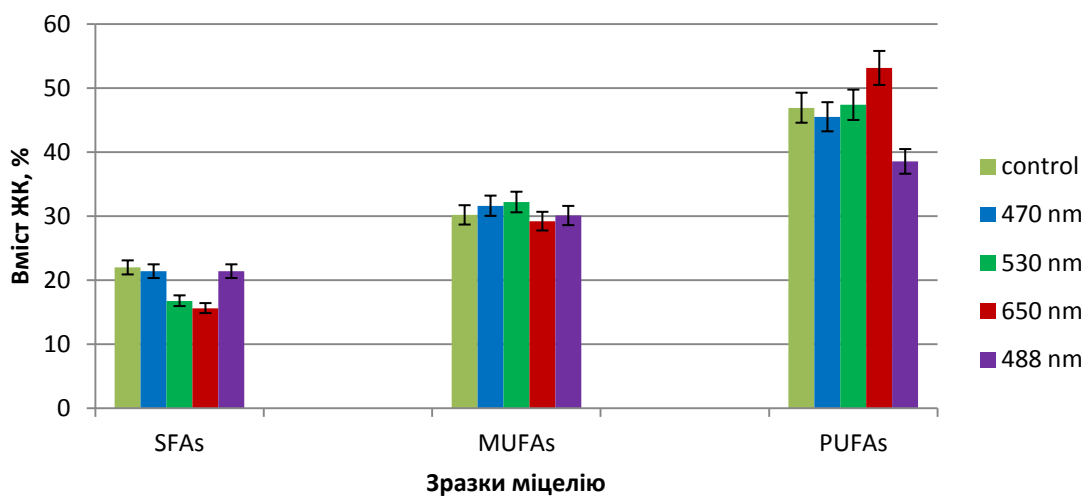


Рисунок 4.24 Сумарний вміст насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот у міцелії *Hericium erinaceus* IBK-977 за різних режимів опромінення.

У дослідних зразках міцеліальної маси *H. erinaceus* IBK-977 всього було ідентифіковано 24 жирні кислоти, з них десять SFAs та чотирнадцять MUFAs and PUFAs. Основними жирними кислотами у складі всіх досліджених зразків були Linolic acid ($C_{18:2\omega-6}$), oleic acid ($C_{18:1}$), palmitic acid ($C_{16:0}$), тому що їх вміст складав 19-49 %. Порівняльний аналіз ліпідної фракції міцеліальної маси *H. erinaceus* IBK-977 дозволив встановити, що при опроміненні LED різної довжини хвилі відбувались зміни у жирнокислотному профілі міцелію *H. erinaceus* IBK-977. У контрольному зразку (без опромінення) вміст SFAs був найбільшим і складав 22.47 %. При опроміненні у всіх режимах вміст SFAs знижувався (рис.4.24). Найменша кількість SFAs була зафіксована при опроміненні червоним світлом – 16.02%. Основним компонентом SFAs у всіх варіантах досліду була palmitic acid, її кількість коливалась від 14.99 % – при опроміненні $\lambda=650$ nm, до 22.55 % при опроміненні лазером ($\lambda=488$ nm).

При світлових впливах відбувались зміни у якісному складі жирнокислотного профілю міцеліальної маси. Слід зазначити відсутність або незначну кількість tridecanoic acid ($C_{13:0}$), heneicosanoic acid ($C_{21:0}$), behenic acid ($C_{22:0}$), lignoseric acid ($C_{24:0}$) у зразках які піддавали впливу опромінення. Встановлено, що MUFAs and PUFAs, складають більшу частину від загальної кількості жирних кислот у міцеліальній масі *H. erinaceus*. Незначні зміни в концентрації MUFAs спостерігались у зразках при опроміненні в різних режимах (рис.4.24). Кількість ПНЖК переважала у всіх досліджених зразках. Співвідношення PUFAs/MUFAs, яке вказує на поживну якість харчових ліпідів, відповідно до рекомендацій по охороні здоров'я має бути більше 0.4. У нашому дослідженні найбільше значення співвідношення PUFAs/MUFAs було при опроміненні червоним світлом і складало 1.82, найменше при опроміненні лазерним світлом ($\lambda=488$ nm) – 1.3. У зразках міцелію *H. erinaceus* було ідентифіковано три найменування $\omega-9$ MUFAs ($C_{18:1\omega-9}$, $C_{20:1\omega-9}$, $C_{22:1\omega-9}$), три найменування $\omega-3$ MUFAs ($C_{20:5\omega-3}$, $C_{20:3\omega-3}$, $C_{22:3\omega-3}$), чотири найменування $\omega-6$ MUFAs ($C_{18:2\omega-6}$, $C_{20:3\omega-6}$, $C_{20:2\omega-6}$, $C_{20:4\omega-6}$), які належать до групи есенціальних жирних кислот. Синтез перелічених жирних кислот відбувався переважно при

опроміненні $\lambda = 530 \text{ nm}$ та $\lambda = 650 \text{ nm}$. Найбільший вплив опромінення LED на синтез PUFAs зареєстровано при опроміненні червоним світлом ($\lambda = 650 \text{ nm}$). Мінімальний вміст linoleic acid (36,72%) фіксували при опроміненні лазерним світлом ($\lambda = 488 \text{ nm}$). Слід відзначити, що у контрольному зразку (без опромінення) PUFAs, представлено лише linoleic acid ($C_{18:2 \omega-6}$), тоді як опромінення при всіх інших використаних режимах сприяло збільшенню новоутворених ЖК, тобто покращенню якісного складу ПНЖК. Зокрема, при опроміненні зеленим ($\lambda = 530 \text{ nm}$) та червоним світлом ($\lambda = 650 \text{ nm}$) в міцеліальній масі було ідентифіковано шість ПНЖК відсутніх у контролі.

При аналізі даних щодо концентрації жирних кислот з довжиною ланцюга C_{18} можна відзначити коливання рівнів вмісту насичених ($C_{18:0}$) та ненасичених сполук ($C_{18:1 \omega-9}$; $C_{18:2 \omega-6}$) за різних світових режимів. Усі вищезазначені коливання вмісту SFAs/MUFAs/PUFAs можна розглядати як результат ферментативних реакцій індукбельного типу, які синтезуються у відповідь на вплив певного фактора зовнішнього середовища.

Вміст ароматичних речовин у міцелії та культуральній рідині *Hericium erinaceus* IBK-977 наведений на рис.4.25.

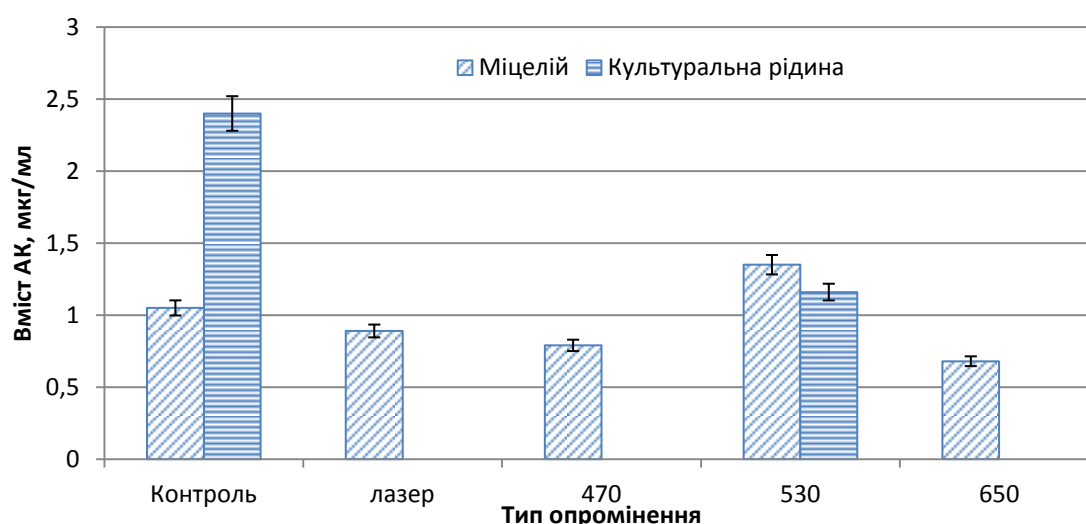


Рисунок 4.25 – Сумарний вміст ароматичних речовин у міцелії та культуральній рідині *Hericium erinaceus* IBK-977 за режимами опромінення

Найбільші зміни аромату в грибній масі, відбулися при обробці 530 нм: вміст АР збільшився, в 2,5 рази – для *H. erinaceus*. В культуральній рідині відбулося зменшення АР порівняно з контролем.

Існує думка, що смак *H. Erinaceus* дуже нагадує курку, морепродукти (креветки, краби, омари). У плодових тілах виявлено 32 ароматичні речовини, що значно перевищує аналогічні властивості шиїтаке. Зміна ферментативної активності, протікання окислювальних процесів при опроміненні світлом *H. Erinaceus* може призвести до інтенсивнішого виділення аромату або його видозміни. Наприклад, ферментація *H. Erinaceus* молочнокислими бактеріями дозволила розробити напої з кращими поживними та сенсорними якостями [443]. Новий вид соєвого соусу був розроблений з додаванням *H. Erinaceus*, тому що він проявляв антимікробні властивості, значно сприяв накопиченню летких компонентів (ефірів і спиртів) та позитивно впливав на органолептичний компонент [444]. На особливу увагу заслуговує факт збільшення гептадеценової кислоти при опроміненні 530 нм. Вона має важливі фармакологічні властивості і функціонує як протизапальна та протинабрякова сполука, а також активна при псоріазі, алергії та аутоімунних захворюваннях, особливо при їх профілактиці [445].

Вплив опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом на жирнокислотний профіль міцеліальної маси L. edodes: проведено дослідження впливу LED опромінення різної довжини хвилі та лазерного опромінення ($\lambda=488$ nm) на жирнокислотний профіль міцеліальної маси *L. edodes* ІВК 2541(табл.4.23).

Таблиця 4.23. Жирно-кислотний склад міцеліальної маси *L. edodes* ІВК 2541 за різних режимах опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом

No.	Common Name of Fatty Acids	Режими опромінення				
		control	$\lambda=470.0$ nm	$\lambda=530.0$ nm	$\lambda=650.0$ nm	Лазер $\lambda=488$ nm
Saturated Fatty Acids, content %						
1.	Капронова кислота (C _{6:0})	ND	ND	ND	2,856	ND
2.	Каприлова кислота (C _{8:0})	ND	ND	ND	2,520	ND
3.	Капринова (C _{10:0})	ND	ND	ND	2,578	ND
4.	Ундеканова (C _{11:0})	ND	ND	ND	1,386	ND
5.	Лауринова (C _{12:0})	ND	ND	ND	0,8668	ND

Продовження табл.4.23

6.	Тридеканова (C _{13:0})	ND	ND	0,3346	ND	ND
7.	Myristic acid (C _{14:0})	0.8343	0.3282	1,5509	0.3956	0.2234
8.	Pentadecanoic acid (C _{15:0})	2,242	ND	0,1491	1,105	0.6938
9.	Palmitic acid (C _{16:0})	17.48	10,01	14,90	22.52	16.49
10.	Margaric acid (C _{17:0})	1.337	0.1499	0,2686	0.4107	0.1359
11.	Stearic acid (C _{18:0})	1.373	0.3433	0,4310	1.239	0.4631
12.	Arachidic acid (C _{20:0})	ND	ND	0.02295	ND	0.02038
13.	Behenic acid (C _{22:0})	ND	ND	0,08751	ND	0,01033
14.	Трикозанова (C _{23:0})	ND	0,1614	0,02558	ND	ND
15.	Лігноцерінова (C _{24:0})	ND	ND	1,366	ND	ND
Monounsaturated Fatty Acids (MUFAs), %						
16.	Myristoleic acid (C _{14:1 ω-5})	ND	ND	0,2065	0,03567	ND
17.	<i>cis</i> -10-pentadecenoic acid (C _{15:1})	1,775	ND	0,07407	1,484	1,737
18.	Palmitoleic acid (C _{16:1 ω-7})	2.112	ND	0,6149	1.346	3.835
19.	<i>cis</i> -10- heptadecenoic acid (C _{17:1})	0.8033	18,09	0,4039	0.2197	0.4148
20.	Oleic acid (C18:1 ω-9)	11.38	0,2668	4,204	7,019	2,723
21.	Gondoic acid (C _{20:1 ω-9})	ND	ND	0,1196	ND	0,2493
22.	Erucic acid (C _{22:1 ω-9})	ND	ND	0,09489	0,1454	ND
Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs), %						
23.	Linoleic acid (C _{18:2 ω-6})	46.03	0,5586	68,01	41.18	67.94
24.	Гама-лінолева (C _{18:3 ω 6})	ND	0,8726	ND	0,4967	ND
25.	Альфа-ліноленова (C _{18:3 ω3})	ND	55,89	ND	ND	0,04578
26.	Eicosadienoic acid (C _{20:2})	ND	ND	0,1444	0.3124	0,04309
27.	Arachidonic acid (C _{20:4})	ND	ND	0,04295	ND	0.01435
28.	<i>cis</i> -5,8,11,14,17- eicosapentaenoic acid (C _{20:5ω3})	0,2530	ND	ND	ND	0,03699
29.	<i>cis</i> -11,14,17-eicosatrienoic acid (C _{20:3ω3})	ND	ND	0,01800	ND	0,1160
30.	<i>cis</i> -8,11,14-eicosatrienoic acid (C _{20:3ω6})	ND	ND	0,1024	0,1029	0,1876
31.	<i>cis</i> -13,16-докозадієнова (C _{22:2})	ND	ND	0,006970	ND	ND

Продовження табл.4.23

32.	<i>cis-4,7,10,13,16,19-</i> <i>docosahexaenoic acid</i> (C _{22:6n3})	5,060	ND	ND	ND	0.8458
	ΣSFAs	23.26	10,99	19,14	35.87	18.04
	ΣMUFAs	16,07	18,36	5,72	10.25	8,96
	ΣPUFAs	51,35	57,32	68,41	42.09	68.39
	ΣMUFAs+ ΣPUFAs	67.42	75.68	74,13	52.34	77.35
	PUFAs/MUFAs	3,20	3,12	11,96	4,1	7,6
	ΣMUFAs+ ΣPUFAs/ ΣSFAs	2,9	6,88	3,9	1,46	4,2
	Кількість не ідентифік. ЖК	9.32	13,33	6,73	11,79	4,61

Примітки: ND - not determined, похибка не перевищує 5 %

Порівняльний аналіз ліпідної фракції міцеліальної маси *L. edodes* IBK 2541 дозволив встановити, варіації та відмінності у жирнокислотному профілі в залежності від режиму опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом.

Всього у дослідних зразках *L. edodes* IBK 2541 було ідентифіковано 32 жирні кислоти, з них п'ятнадцять SFAs та сімнадцять MUFAs and PUFAs (табл. 4.24). У контрольному зразку було ідентифіковано дванадцять жирних кислот. Опромінення червоним ($\lambda=650$ нм), зеленим ($\lambda=530$ нм) та синім лазерним ($\lambda=488$ нм) світлом викликало збільшення загальної кількості жирних кислот порівняно із контролем (без опромінення). Кількість ідентифікованих жирних кислот у зразку при опроміненні зеленим світлом становило 23 найменування, при опроміненні червоним світлом – 20, при опроміненні синім світлом ($\lambda=488$ нм) – 19, як зазначено в табл. 4.23. Порівнюючи збільшення найменувань жирних кислот при опроміненні червоним та зеленим світлом, слід зазначити суттєву різницю в якісному складі: при опроміненні червоним світлом утворювались коротколанцюгові кислоти C₆-C₁₂, а при опроміненні зеленим світлом – довоголанцюгові C₂₀-C₂₄. Опромінення синім світлом ($\lambda=470$ нм), викликало зменшення загальної кількості найменувань жирних кислот, було ідентифіковано лише дев'ять.

Linolic acid (C_{18:2n-6}), oleic acid (C_{18:1}), palmitic acid (C_{16:0}), були основними жирними кислотами у складі всіх досліджених зразків, крім міцелію опроміненого синім світлом ($\lambda=470$ нм). При цьому режимі опромінення

основними жирними кислотами були ненасичені альфа-ліноленова ($C_{18:3 \omega 3}$) та *цис*-10-гептадецена ($C_{17:1}$) кислоти.

Вміст SFAs був найбільшим і складав 23,26% у контрольному зразку (без опромінення). При опроміненні у всіх режимах, крім червоного світла ($\lambda=650$ нм) вміст SFAs знижувався (рис. 4.26), а при опроміненні червоним світлом вміст SFAs збільшився сумарно до 35,87 %. Дві PUFAs (*цис*-5,8,11,14,17-ейкозапентаєнову ($C_{20:5\omega 3}$) та *цис*-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнову ($C_{22:6\omega 3}$)) порівняно із контролем було втрачено при трьох режимах опромінення синьому ($\lambda=470$ нм), зеленому ($\lambda=530$ нм) та червоному ($\lambda=650$ нм). При опроміненні синім світлом ($\lambda=488$ нм) вміст цих кислот зменшувався: $C_{20:5\omega 3}$ – на 5,22 %, $C_{22:6\omega 3}$ – на 4,21 %.

Найменша кількість SFAs була зафіксована при опроміненні синім світлом ($\lambda=470$ нм) – 10,99 %, а найбільша при опроміненні червоним світлом ($\lambda=650$ нм) – 35,87 %. Основним компонентом SFAs у всіх варіантах дослідження була *palmitic acid*, її кількість коливалась від 10,01 % – при опроміненні синім ($\lambda=470$ нм), до 22.52 % при опроміненні червоним світлом ($\lambda=650$ нм).

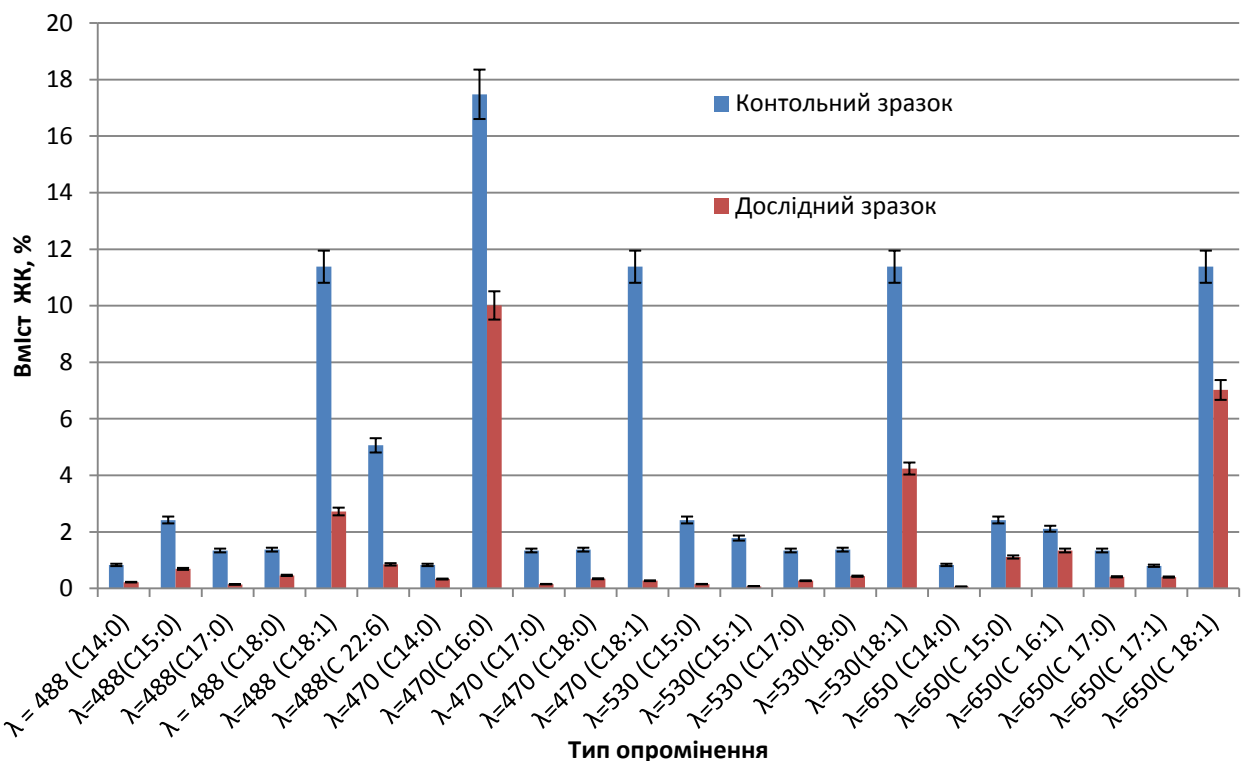


Рисунок 4.26 – Зменшення концентрації жирних кислот *Lentinula edodes* IBK 2541 по відношенню до контролю за різним типом опромінення

Вміст лінолевої кислоти при обробці синім світлом ($\lambda=470$ нм) зменшився до 0,56 %, що означає зниження порівняно з контролем на 98,8 % (на рисунку 4.26 не от відображено). Опромінення червоним світлом сприяло синтезу п'яти нових насичених жирних кислот з коротким ланцюгом ($C_{6:0} - C_{12:0}$), трьох нових MUFAs, PUFAs, які не було зафіксовано у контрольному зразку (рис. 4.27).

При опроміненні зеленим світлом ($\lambda=530$ нм) зафіксовано утворення п'яти нових SFAs порівняно із контролем, але на відміну від червоного світла ($\lambda=650$ нм) утворювались жирні кислоти з довгим ланцюгом ($C_{20:0} - C_{24:0}$) та вісім нових MUFAs and PUFAs (табл. 4.23). Опромінення синім світлом ($\lambda=470$ нм) ініціювало утворення насиченої трикозанової кислоти ($C_{23:0}$) та інгібувало синтез пальмітинової кислоти ($C_{15:0}$). Також опромінення посівного міцелію *L. edodes* синім світлом ($\lambda=470$ нм) викликало синтез значної кількості альфа-лінолевої кислоти (55,89 %), тоді як концентрація лінолевої кислоти ($C_{18:2\omega6}$), кількість якої була найбільшій за всіх інших режимах опромінення.

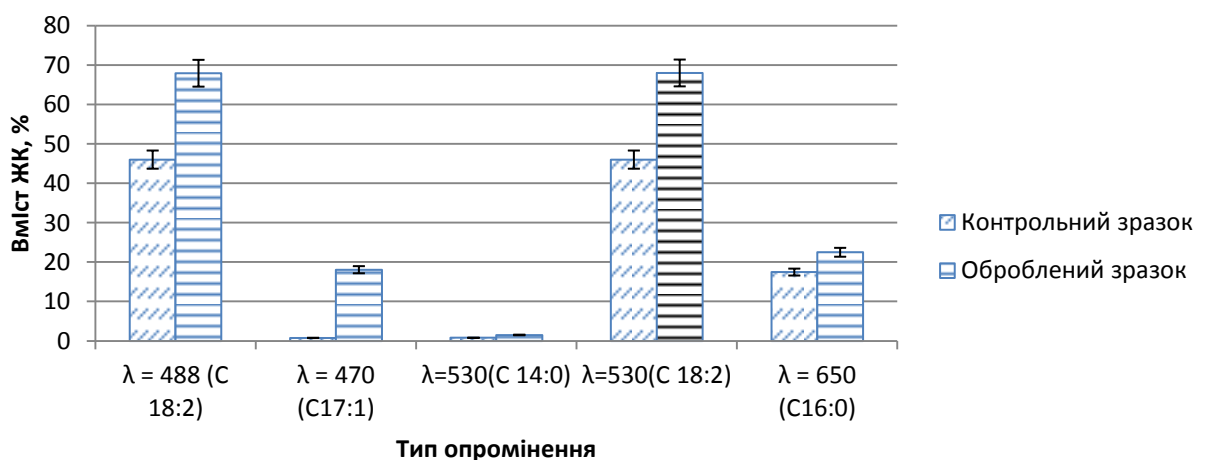


Рисунок 4.27 – Збільшення концентрації жирних кислот *Lentinula edodes* IBK 2541 по відношенню до контролю за різним типом опромінення

Опромінення синім світлом ($\lambda=488$ нм) викликало синтез двох нових насичених жирних кислот (арахінової $C_{20:0}$ та бегенової $C_{22:0}$), та шести нових MUFAs and PUFAs, які не було зафіксовано у контрольному зразку.

Встановлено, що MUFAs and PUFAs, складають більшу частину від загальної кількості жирних кислот у міцеліальній масі *L. edodes* IBK 2541. Кількість PUFAs переважала у всіх досліджених зразках (табл. 4.23).

Співвідношення PUFAs/MUFAs, яке вказує на поживну якість харчових ліпідів, відповідно до рекомендацій по охороні здоров'я має бути >0.4 . У нашому дослідженні найбільше значення співвідношення PUFAs/MUFAs було при опроміненні зеленим світлом і складало 11.9, найменше при опроміненні лазерним світлом ($\lambda=470$ nm) – 3.1. У зразках міцелію *L. edodes* ІВК 2541 при опроміненні було ідентифіковано ω -9 MUFAs ($C_{18:1 \omega-9}$, $C_{20:1 \omega-9}$, $C_{22:1 \omega-9}$), які належать до групи есенціальних жирних кислот, синтез всіх перелічених MUFAs відбувався при опроміненні лазерним світлом ($\lambda=470$) та зеленим світлом ($\lambda=530$ nm). Найбільша концентрація PUFAs зареєстрована при опроміненні зеленим ($\lambda=530$ nm) та лазерним ($\lambda=488$ nm) світлом.

У контрольному зразку (без опромінення) PUFAs, представлено linoleic acid ($C_{18:2 \omega-6}$), та незначною кількістю *цис*-5,8,11,14,17-ейкозапентаєнової кислоти ($C_{20:5\omega3}$) *цис*-4,7,10,13,16,19- докозагексаєнової кислоти ($C_{22:6\omega3}$) тоді як опромінення при всіх інших використаних режимах сприяло збагаченню якісного складу PUFAs. Зокрема, при опроміненні зеленим ($\lambda=530$ nm) та синім світлом ($\lambda=488$ nm) в міцеліальній масі було ідентифіковано п'ять PUFAs відсутніх у контролі.

При обробці синім світлом ($\lambda=470$ nm) вміст альфа-лінолевої кислоти становив 55,89 %, що відрізняє цей показник від усіх інших зразків: у контролі, при опроміненні зеленим і червоним світлом ця PUFA була відсутня, а при опроміненні лазером – була присутня у слідових кількостях (0,046%).

Вплив опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом на синтез летких ароматичних речовин: дослідження летких ароматичних сполук макроміцетів доводять, що більшість із них формується ферментативним шляхом з PUFAs і представлені C_6 - C_7 сполуками та їх похідними [441]. Опромінення синім ($\lambda=470$ nm, 488 nm), червоним світлом ($\lambda=650$ nm) призвело до зменшення C_6 - C_7 АК. Більшою мірою зменшення відбулось при $\lambda=650$ nm – в 2,1 рази порівняно з контролем. Це сталося на тлі збільшення коротколанцюгових жирних кислот у зразку з опроміненням при $\lambda=650$ nm.

Найбільші зміни аромату в міцеліальній масі *L edodes*, як і культуральної рідини відбулися при обробці зеленим світлом ($\lambda=530$ нм). Вміст ароматичних компонентів збільшився у 24,6 разів у міцеліальній масі та у 38,5 разів у культуральній рідині (табл.4.24).

Таблиця 4.24 – Вміст C_6 - C_7 ароматичних компонентів в зразках *L edodes*, мкг/мл

№	Найменування зразків	Гексаналь, гексанол, їх ізомери	Гептаналь, гептанол, їх ізомери	Всього
Міцеліальна маса				
1	Контроль	0,6513	0,1635	0,8148
2	470	0,4389	0,1440	0,5829
3	530	11,94	8,093	20,03
4	650	0,2754	0,1187	0,3942
5	Лазер	0,5455	0,1369	0,6824
Культуральна рідина				
1	Контроль	0,092	0,204	0,296
2	530	10,09	1,304	11,39

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Зміни аромату під час обробки зеленим світлом пов'язані з утворенням довголанцюгових жирних кислот – попередників аромату. Розподіл ароматичних компонентів у контрольному зразку культуральної рідини та при опроміненні зеленим світлом показує, що деякі з них містяться в меншій кількості ніж у контролі, а інші, як C_6 і C_7 – у більшому (рис. 4.28).

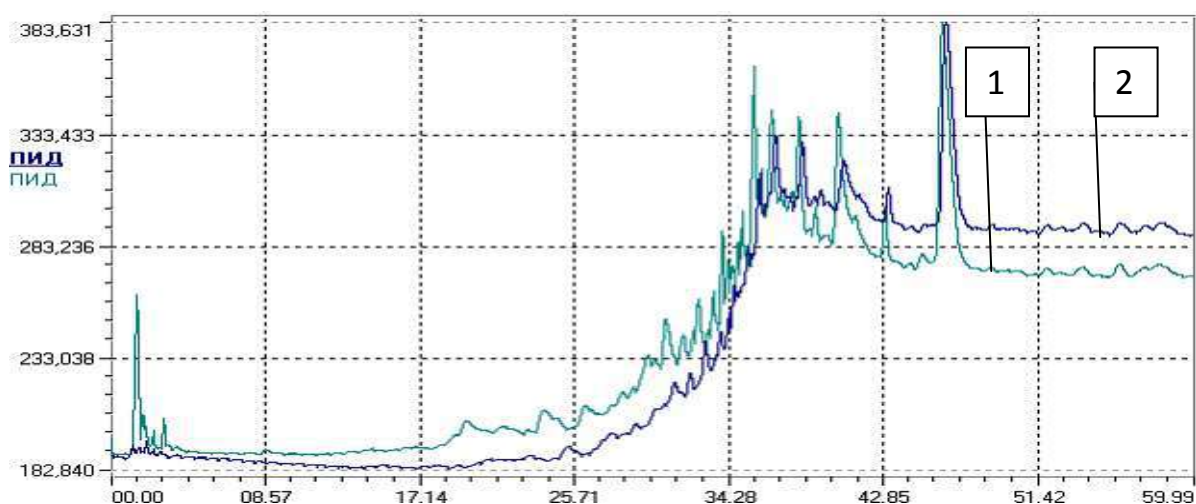


Рисунок 4.28 – Хроматограма летких ароматичних компонентів в контрольному зразку культуральної рідини та при опроміненні зеленим світлом (крива 1 – контрольний зразок, крива 2 – оброблений при $\lambda=530$ нм)

Можна припустити, що обробка зеленим світлом ініціює ферментативні процеси перетворення попередників аромату ліпідної природи в АК.

Таким чином, аналізуючи одержані результати можна дійти висновку, що опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом впливає на жирнокислотний профіль міцеліальної маси *L. edodes* ІВК 2541. Зміни відбувались як у кількісному так і якісному складі компонентів. Найбільші зміни аромату в міцеліальній масі *L. edodes*, як і культуральної рідини відбулися при обробці зеленим світлом ($\lambda=530$ нм). Вміст ароматичних компонентів збільшився у 24,6 разів у міцеліальній масі та у 38,5 разів у КР.

Вплив опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом на вміст АК Inonotus obliquus IBK-1877: найменші зміни аромату у грибній біомасі відбулися при обробці лазером (аромат залишився на рівні контролю). При 470 нм – аромат не синтезувався (або зруйнувався) найсильніше, кількість уловлених АК зменшилась у 3,75 разів (1,07/0,285) порівняно з контролем. При обробці 530 нм зменшилось у 2 рази, при обробці 650 нм – у 2,5 рази (рис.4.29).

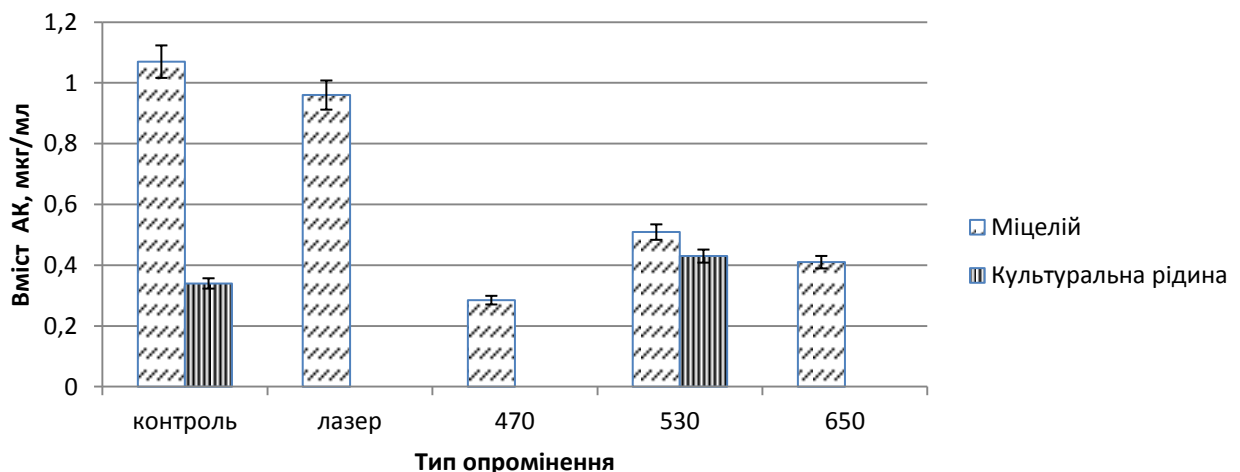


Рисунок 4.29 – Вміст ароматичних компонентів *I. obliquus* IBK-1877 в залежності від типу опромінення

Зміни аромату пов'язані зі змінами жирнокислотного складу у плодкових тілах. При опроміненні 530 нм вміст лінолевої кислоти в міцелії мав найменші показники – 63,3 % (в контрольних зразках- 73 %). При цьому в культуральній

рідині при опроміненні 530 нм збільшився вміст ароматичних речовин порівняно з КР контрольного зразка в 1,24 рази. При опроміненні 650 нм якісний склад зменшився до 17 найменувань, в контролі – 24 найменування. Ці результати корелювали зі зниженням вмісту ароматичних речовин.

На ферментативне утворення аромату в плодових тілах *I. obliquus IBK-1877* впливає наявність меланінового пігменту, який при опроміненні виконує захисну роль в окисних реакціях ПНЖК. Тому в культуральній рідині, де вміст пігментів порівняно з плодовим тілом макроміцета, зменшений, опромінення мало вплив на збільшення АР. Подальші дослідження і напрямку ароматоутворення *I. obliquus IBK-1877* не досліджувались.

Вплив опромінення низькоінтенсивним квазімонохроматичним світлом на вміст АК Ganoderma lucidum: кількість ароматичних компонентів у біомасі 530 вище, ніж у контролі приблизно 1,4 раза (рис.4.30). Решта видів обробки вміст АК значно нижче контролю (в 2,5-3,3 раз). У культуральній рідині також вміст АК вище при 530 нм, ніж у контролі в 1,4 рази. При опроміненні 530 нм додалося 4 найменування нових ЖК, а не утворилася одна $C_{13:0}$. Але слід зазначити значне збільшення лінолевої кислоти (попередник грибних запахів) у 1,32 раза.

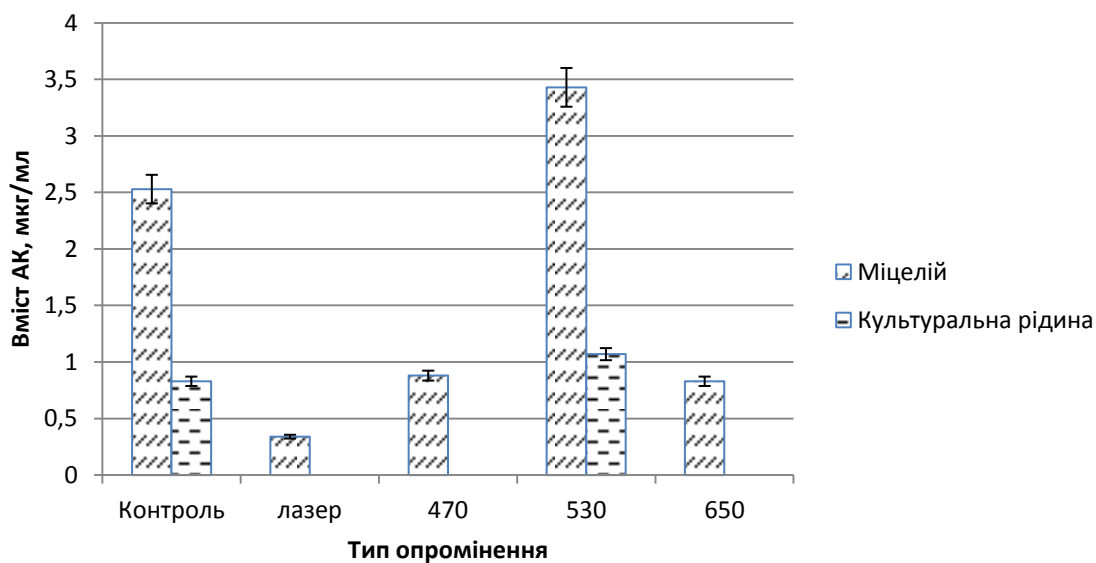


Рисунок 4.30 –Вміст ароматичних компонентів *G lucidum* в залежності від типу опромінення

Кількісне співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот змінювалося трохи при 470,530 і 650, а при обробці лазером кількість насичених зменшилася, а ненасичених збільшилася. Збільшення аромату, яке очікувано мало б статися в лазерній обробці – не здійснилося, причини можуть бути в режимі обробки. За якісним жирнокислотним складом – найбільші якісні зміни відбулися при лазерній обробці. У контролі було 14 кислот, у лазерній – 22 найменування. Значно збільшились поліненасичені – попередники грибного аромату.

Найменші зміни жирних кислот відбулися при 470 нм (три 13:0, 14:1, 20:2 не утворилися в порівнянні з контролем, а дві нові 20:4 і 24:0 з'явилися). При 650 також збільшилося на 7 нових жирних кислот (порівняно з контролем) і не утворилися три.

Таким чином, вміст АР збільшився при опроміненні 530 нм в 1,4 рази в міцеліальній масі *G lucidum*, що корелює зі збільшенням вмісту лінолевої кислоти у 1,32 рази.

4.5.3 Вплив наночастинок та опромінення на реакції ароматоутворення *Ganoderma lucidum*

Аналіз доступних сучасних джерел інформації доводить, що збільшення концентрації біологічно активних речовин в грибах за рахунок внесення органічних добавок або зміни їх складу відбувається рідко, і тому використання фізичних методів впливу на поживне середовище та введення до його складу наночастинок металів може відкрити нові можливості в цій галузі.

Сучасні знання в мікології та біотехнології показують, що живі об'єкти специфічно взаємодіють не лише із атомами, молекулами та іонами. Зараз йдуть дослідження впливу наночастинок (НЧ) різних хімічних елементів, переважно у вигляді органічних солей металів, на можливість збільшувати синтез складових частин одно- та багатоклітинних живих організмів, зокрема, рослин та грибів.

Дослідження показали, що у невеликих концентраціях метали можуть стимулювати ріст грибів, оскільки залучені в процеси метаболізму та специфічним

чином впливають на них. Ефективними для впливу на процеси метаболізму грибів є органічні солі металів, які додають у вигляді колоїдних розчинів до поживного середовища для вирощування грибів. Було продемонстровано, що взаємодія колоїдних НЧ і біологічних об'єктів відбувається на клітинному рівні, підвищуючи ефективність біохімічних процесів [446, 447].

Відомо, що колоїдні розчини НЧ, що містять мідь та срібло, показали їх придатність активізувати антиоксидантні захисні механізми рослин. Обробка розчином НЧ оксиду цинку рослин тютюну призвела до дозозалежного підвищення в них вмісту розчинного цукру. Загалом, вміст флавоноїдів у рослинах, вирощених з НЧ оксиду цинку, був більше, ніж у контрольної групи. Наведені інші дослідження, які свідчать про доцільність використання магнітних НЧ у концентрації $0,1 \text{ мг/см}^3$ як нанодобрива при вирощуванні тютюну, а саме НЧ магнетиту в концентрації $0,1 \text{ мг/см}^3$ у культурі *in vitro* та *in vivo* суттєво впливають на ріст кореневої системи та пагонів *Nicotiana tabacum*.

На даний час експериментально з'ясовано, що НЧ різних хімічних елементів, переважно у вигляді органічних солей металів, мають властивість збільшувати синтез складових частин рослин. Так, присутність НЧ двоокису титану (TiO_2) збільшує суху масу, синтез хлорофілу та метаболізм у фотосинтезуючих організмах [448].

Готували колоїдний розчин наночастинок Ag, або Fe, або Mg методом електроіскрового диспергування. Вносили цей розчин у кількості 15 мкл/л колоїдний розчин або срібла (Ag), або заліза (Fe), або магнія (Mg), в підготовлене стандартне поживне середовище. перед його стерилізацією. Середовище доводили 1 н розчином КОН до рН 6,5. Після внесення приготовленого колоїдного розчину наночастинок, середовище стерилізували в автоклаві протягом 0,5 год за температури $120 \pm 2^\circ\text{C}$, після чого поживне середовище з наночастинками інокуюють міцелієм *G lucidum* та культивують глибинно в темряві за температури $25 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 12 днів зі струшуванням 200 об/хв. Після 12 діб культивування міцеліальну масу відокремлювали від культуральної

рідини промивали дистильованою водою та визначали у міцеліальній масі кількість АК (табл.4.25). В контрольний зразок розчин наночастинок не вносили.

Таблиця 4.25 – Вміст АК в зразках міцеліальної маси *G lucidum**, мкг/мл

Найменування зразків	Сумарний вміст ідентифікованих АК, мкг/мл			
	Контроль	Ag	Fe	Mg
Контроль	1,056	-	-	-
<i>Досліди з НЧ</i>	-	0,722	1,40	0,84
с 6	0,738	0,6216	0,62	0,364
с 7	0,273	0,0981	0,084	0,179
оцтова кислота	0,042	0,888	0,702	0,301
1-октен-3-ол	0,0021	0,0022	0,0021	0,0021
<i>Досліди з НЧ та опроміненням 530 нм</i>	13,5	1,09	0,68	1,05
с 6	6,837	0,865	0,448	0,854
с 7	5,824	0,225	0,245	0,196
1-октен-3-ол	0,0031	0,0026	0,0018	0,0028

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Встановлено, що використання колоїдного розчину наночастинок Fe, Ag та Mg у складі стандартного поживного розчину та опромінення LED негативно вплинуло на процеси ароматоутворення міцелію *Ganoderma lucidum* IBK-1621.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Встановлено, що гарбузові плоди мають достатній потенціал для відновлення аромату з попередників (кількісний та якісний склад ліпідів рослинної сировини у свіжому вигляді подібний до термооброблених). Аналіз ліпідного складу плодів показав достатню кількість ПНЖК для повторення природних процесів утворення аромату. Ефективність відновлення аромату залежить від кількості утворених 9-, 13-гідроперекисів, які служать похідними попередників, що утворюють аромат.

2. Встановлено, що швидкість реакцій з попередниками залежить від тривалості впливу МВ на попередники ліпідної природи, від площі поверхні контакту попередників, яка збільшується під час диспергування, співвідношення LN, LNL кислоти та наявності вільних ЖК; різне співвідношення похідних вищих НЖК та LOX/HPL призводить до утворення органолептично відчутного GLV профілю, незалежно від активності ферментів. При зниженні концентрації ВНЖК утворюються альдегіди C₆-C₉ в кількості 2,5 мг/100 г.

3. Показана необхідність застосування технологічних операцій для збільшення площі поверхні взаємодії між попередниками ліпідної природи та ферментами. Після термічної обробки плодів площа поверхні взаємодії зменшується за рахунок агрегації молекул, що обмежує їх застосування для відновлення аромату. Збільшення площі поверхні контакту впливає на швидкість протікання реакцій ароматоутворення, технологічно забезпечується диспергуванням системи, яка містить попередники, посиленням фізичним впливом або обробкою при розрідженні 6±3 кПа.

4. Встановлений вплив якісного складу ферментів на технології ароматизації: ферменти LOX, HPL, присутні у бобах сої, маш діють одночасно за принципом «каскадних реакцій» з утворенням у модельних сумішах 2,5-4,3 мг/100 г C₆-C₉ альдегідів, комплекс ферментів LOX / HPL у природному неочищеному вигляді приймає участь у реакціях утворення C₆-C₉ альдегідів у різній кількості; різне співвідношення похідних вищих НЖК та LOX / HPL призводить до продукування органолептично відчутного GLV профілю незалежно від того, який фермент більш активний: при зменшенні концентрації ВНЖК утворюються C₆-C₉ альдегіди у кількості 2,5 мг/100 г.

5. Доведено, що обробка комплексів з попередниками у вакуумі призводить до зближення ліпідних частинок і ферментів, до деформації дифузних оболонок і їх взаємного проникнення. Уперше встановлено, що під час вакуумного нагрівання (розрідження 6 ± 3 кПа, температура 32 ± 2 °С) мембранозв'язані ферменти НРЛ у суспендованих рослинних гомогенатах не інгібуються в термооброблених плодах надлишком НРОs.

6. Досліджений вплив розрідження та теплової обробки сировини на зміни фізичних властивостей попередників аромату. Під час дії розрідження має місце розширення локальної ділянки поверхні ліпідного шару, що впливає на зменшення гідродинамічного діаметру до нанометрового діапазону 10-100 нм і збільшення відсотку частинок з такими розмірами. Складена математична модель процесу й отримані закономірності, що описують зміни числа аромату залежно від глибини розрідження та тривалості процесу, концентрації попередників.

7. Встановлено, що в основі критеріїв вибору рослинних об'єктів для відновлення втраченого аромату лежить здатність попередників аромату ліпідної природи до окиснення. Зниження АОА на 60–80 % при гідротермічній обробці гарбузових плодів та окисно-відновного потенціалу на 30-40 mV є факторами ефективного протікання ферментативних реакцій за участю попередників аромату. Встановлена роль синглетного кисню, як прискорювача реакцій та прооксиданта і перспективи його використання в окиснювальних реакціях в системі плодових гомогенатів.

8. Складена узагальнена систематизована структура факторів участі попередників аромату *in vitro* і ароматутворюючих ферментів у керованих реакціях утворення аромату. Визначені умови полімолекулярної адсорбції і утворення GLVs з попередників аромату в желатиновому желе.

9. При культивуванні на рідкому поживному середовищі в стаціонарних умовах ароматичні компоненти, як вторинні метаболіти, присутні в міцелії та КР. Кількісне та якісне вивчення ароматів міцелію та КР їстівного гриба *P. ostreatus* показало, що внесення добавки ПВ впливає компоненти їх аромату шляхом ініціювання ферментативних окисних реакцій ліпідів. Загальна кількість ароматичних компонентів концентрується в міцелії у разі додавання пшеничних

висівок, а в стандартному поживному середовищі рівномірно розподіляється між міцелієм і культуральною рідиною. Різний характер розподілу ПНЖК як попередників аромату пояснює збільшення кількості ароматичних компонентів у міцелії, де вони накопичуються інтенсивніше.

10. Компоненти пшеничних висівок ініціюють реакції ароматоутворення *P. ostreatus*, що підтверджується кількісним та якісним складом ароматичних компонентів у міцелії та культуральній рідині. Основний компонент, що відповідає за грибний аромат 1-октен-3-ол, міститься більше в 1,4 рази в культуральній рідині з пшеничними висівками. У зразку міцелію з ПВ присутні два основних грибних компоненти аромату 1-октен-3-ол і гексаналь, а без ПВ ці важливі компоненти аромату відсутні. У міцелії, культивованому на ГПД + ПВ, загальна кількість ідентифікованих ароматичних компонентів більша в 1,7 раза, ніж на ГПД без пшеничних висівок.

11. Опромінення LED впливає на жирнокислотний профіль міцеліальної маси макроміцетів (*H. erinaceus*, *I. obliquus*, *L. edodes*, *G. lucidum*). Зміни відбувались як у кількісному так і якісному складі компонентів ліпідної природи, що відобразилось на утворенні аромату. Найбільші зміни аромату в грибній масі, як і культуральної рідини відбулися при обробці 530 нм: вміст АР збільшився у 25 разів у біомасі та у 38,5 разів у КР для *Lentinula edodes*, в 1,4 рази – для *G. lucidum*, в 2,5 рази – для *H. erinaceus*.

12. Встановлено, що використання колоїдного розчину наночастинок Fe, Ag та Mg у складі стандартного поживного розчину та опромінення LED негативно вплинуло на процеси ароматоутворення міцелію макроміцетів *G. lucidum* ІВК-1621.

Основні результати розділу опубліковані у працях: [13, 18, 19, 25, 31, 32, 41, 56, 60-62, 75].

Список літератури до розділу 4

377. Xue W., Liu N., Lu P., Yang Y., Chen S. Photosynthesis and fatty acid metabolism reveals the effects of shading treatment on the fruit aroma quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*. 2024. 337. 113508.
378. Aremu M. O., Ajine P. L., Omosebi M. O., Baba N. M., Onwuka J. C., Audu S. S., Shuaibu B. S. Lipid profiles and health promoting uses of carrot (*Daucus carota* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Int. J. Sci*, 2021. 10. P. 22-29.
379. Sadgrove N. J., Padilla-González G. F., Phumthum M. Fundamental chemistry of essential oils and volatile organic compounds, methods of analysis and authentication. *Plants*. 2022. 11(6). 789.
380. Kontogianni V. G., Gerothanassis I. P. Analytical and structural tools of lipid hydroperoxides: present state and future perspectives. *Molecules*. 2022. 27(7). 2139.
381. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables / Jiménez-Monreal A. M., García-Diz L., Martínez-Tomé M., Mariscal M. A., Murcia M. A. *Journal of Food Science*. 2009. T. 74. №. 3. C. C. 97-103.
382. Engwa G. A. Free radicals and the role of plant phytochemicals as antioxidants against oxidative stress-related diseases. *Phytochemicals: source of antioxidants and role in disease prevention. BoD—Books on Demand*. 2018. 7. 49-74.
383. Компанець І. В., Остапченко Л. І. Дослідження мембранних білків та ліпідів. Електронний посібник, розташований на сайті [www. biol. univ. ua](http://www.biol.univ.ua) у. – 2013.
384. Wang H., Iqbal A., Murtaza A., Xu X., Pan S., Hu W. A review of discoloration in fruits and vegetables: Formation mechanisms and inhibition. *Food Reviews International*. 2023. 39(9). P. 6478-6499.
385. Aladjadjyan A. Effect of microwave irradiation on seeds of lentils (*Lens culinaris*, med.). *Romanian Journal of Biophysics*. 2010. 20(3). 213-221.
386. Wu T., Mao L. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. *Food Chemistry*. 2008. T. 110. №. 3. C. 647-653.

387. Hu Q., He Y., Wang F., Wu J., Ci Z., Chen L., Zhang D. Microwave technology: A novel approach to the transformation of natural metabolites. *Chinese Medicine*. 2021. 16. 1-22.
388. Jittrepotch N., Kongbangkerd T., Rojsuntornkitti K. Influence of microwave irradiation on lipid oxidation and acceptance in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. *International Food Research Journal*. 2010. № 17. p. 173-179.
389. Optimization and scaling up of a biotechnological synthesis of natural green leaf volatiles using Beta vulgaris hydroperoxide lyase / C.Gigot, M.Ongena, M. L. Fauconnier та ін. *Process biochemistry*. 2012. № 47(12). C. 2547-2551.
390. Porta H., Rocha-Sosa M. Plant lipoxygenases. Physiological and molecular features. *Plant physiology*. 2002. T. 130. №. 1. C. 15-21.
391. Khrisanapant P., Kebede B., Leong S. Y., Oey I. A comprehensive characterisation of volatile and fatty acid profiles of legume seeds. *Foods*. 2019. 8(12). 651.
392. Weiss J., Takhistov P., McClements D. J. Functional materials in food nanotechnology. *Journal of food science*. 2006. T. 71. №. 9. C. 107-116.
393. Nakauma M., Funami T., Noda S. Comparison of sugar beet pectin, soybean soluble polysaccharide, and gum arabic as food emulsifiers. 1. Effect of concentration, pH, and salts on the emulsifying properties. *Food Hydrocolloids*. 2008. T. 22. №. 7. C. 1254-1267.
394. Cano-Sarmiento C. T. D. I., Téllez-Medina D. I., Viveros-Contreras R., Cornejo-Mazón M., Figueroa-Hernández C. Y., García-Armenta E., Gutiérrez-López G. F. Zeta potential of food matrices. *Food Engineering Reviews*. 2018. 10. P. 113-138.
395. Maherani B., Arab-Tehrany E., Kheirilomoom A., Reshetov V., Stebe M. J., Linder, M. Optimization and characterization of liposome formulation by mixture design. *Analyst*, 2012. 137(3). P. 773-786.
396. Radko S. P., Stastna M., Chrambach A. Size-dependent electrophoretic migration and separation of liposomes by capillary zone electrophoresis in electrolyte solutions of various ionic strengths. *Analytical chemistry*. 2000. T. 72. № 24. C. 5955-5960.

397. Pretorius C. J., Zeiss D. R., Dubery I. A. The presence of oxygenated lipids in plant defense in response to biotic stress: A metabolomics appraisal. *Plant Signaling & Behavior*. 2021. 16(12). 1989215.
398. Direct observation of the nanoscale dynamics of membrane lipids in a living cell /C.Eggeling C.Ringemann, R.Medda та ін. *Nature*. 2009. Т. 457. №. 7233. С. 1159-1162.
399. Van Buggenhout S., Messagie I., Van der Plancken I., Hendrickx M. Influence of high-pressure–low-temperature treatments on fruit and vegetable quality related enzymes. *European Food Research and Technology*. 2006. vol. 223. P. 475-485.
400. Gennis R. B. Biomembranes: molecular structure and function. New York.: Springer Science & Business Media, 2013. 533 с.
401. Albertos I., Martin-Diana A. B., Jaime I., Diez A. M., Rico D. Protective role of vacuum vs. atmospheric frying on PUFA balance and lipid oxidation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016. 36. P. 336-342.
402. Okur H. I., Tarun O. B., Roke S. Chemistry of lipid membranes from models to living systems: a perspective of hydration, surface potential, curvature, confinement and heterogeneity. *Journal of the American Chemical Society*. 2019. 141(31), 12168-12181.
403. Physical and chemical properties of dispersive systems: teaching and methodical manual for foreign students / A.G. Kaplaushenko, O.R. Pryakhin, B.A. Varinskiy et al. 2nd ed., updated and suppl. Zaporozhye, 2016. 70 p.
404. Koroleva O.A., Tomos D.A., Farrar J., Pollock C.J. Changes in osmotic and turgor pressure in response to sugar accumulation in barley source leaves. *Planta*. 2002 Jun. 215(2). P. 210-19.
405. Khalifat N., Rahimi M., Bitbol A. F., Seigneuret M., Fournier J. B., Puff N., ... & Angelova, M. I. Interplay of packing and flip-flop in local bilayer deformation. How phosphatidylglycerol could rescue mitochondrial function in a cardiolipin-deficient yeast mutant. *Biophysical journal*. 2014. 107(4). P. 879-890.
406. King-Smith P. E., Begley C. G., Braun R. J. Mechanisms, imaging and structure of tear film breakup. *The ocular surface*. 2018. 16(1). P. 4-30.

407. Klaassen A., Liu F., Mugele F., Siretanu I. Correlation between electrostatic and hydration forces on silica and gibbsite surfaces: an atomic force microscopy study. *Langmuir*. 2022 Jan. 38(3). P. 914-26.
408. Li C., Wu W., Tilley M., Chen R., Li Y. Unraveling the Influence of Wheat Bran Chemical Composition, Lipolytic Enzyme Activities, and Phenolic Components on the Bread-Making Properties of Reconstituted Whole Wheat Flours. *ACS Food Science & Technology*, 2023. 3(10). P. 1728-1735.
409. Ifeanyi O. E. A review on free radicals and antioxidants. *Int. J. Curr. Res. Med. Sci*, 2018. 4(2). P. 123-133.
410. Pinchuk I., Shoval H., Dotan Y., Lichtenberg D. Evaluation of antioxidants: Scope, limitations and relevance of assays. *Chemistry and physics of lipids*. 2012. № 165(6). C. 638-647.
411. Jacobsen C., Let M. B., Nielsen N. S., Meyer A. S. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n-3 polyunsaturated lipids: a comparative evaluation. *Trends in Food Science & Technology*. 2008. T.19. №. 2. C. 76-93.
412. Antioxidant capability and efficacy of Mega-H™ silica hydride, an antioxidant dietary supplement, by in vitro cellular analysis using photosensitization and fluorescence detection / Stephanson C. J., Jacobsen C., Let M. B., Nielsen N. S., Meyer A. S. *Journal of medicinal food*. 2002. № 5(1). C. 9-16.
413. Тенетка А. І. Удосконалення технології рожевих столових виноматеріалів з використанням антиоксидантів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.15 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння». Київ, 2015. 22 с.
414. Usatiuk S., Pelekhova L. Chlorophyll content and antioxidant activity of sunflower oil with aromatic raw materials. *Food and Environment Safety Journal*. 2016. T. 13. №. 4.
415. Pandey D., Agrawal M., Bohra J. S. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. *Soil and Tillage Research*. 2014. № 136. C. 51-60.

416. Lee K. T. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat science*. 2010. 86(1). P. 138-150.
417. Water Desirable for the Human Body in Terms of Oxidation-Reduction Potential (ORP) to pH Relationship / S.Okouchi, M.Suzuki, K.Sugano та ін. *Journal of food science*. 2002. T. 67. №. 5. C. 1594-1598.
418. Lu W., Shi Y., Wang R., Su D., Tang M., Liu Y., Li Z. (). Antioxidant activity and healthy benefits of natural pigments in fruits: A review. *International journal of molecular sciences*, 2021. 22(9). 4945.
419. Oxidation-reduction properties of chloroplast thioredoxins, ferredoxin: thioredoxin reductase, and thioredoxin f-regulated enzymes /M.Hirasawa, P. Schürmann, J. P. Jacquot та ін. *Biochemistry*. 1999. T. 38. №.16. C. 5200-5205.
420. Foyer C. H. Ascorbic acid. In Antioxidants in higher plants. CRC press, 2017. P. 31-58.
421. Min S., Min S. K., Zhang Q. H. Inactivation kinetics of tomato juice lipoxygenase by pulsed electric fields. *Journal of Food Science*. 2003. T. 68. №. 6. C. 1995-2001.
422. Adibhatla R. M., Hatcher J. F. Phospholipase A2, reactive oxygen species, and lipid peroxidation in CNS pathologies. *BMB reports*. 2008. T. 41. №. 8. C. 560.
423. Juita Dlugogorski B. Z., Kennedy E. M., Mackie J. C. Identification and quantitation of volatile organic compounds from oxidation of linseed oil. *Industrial & engineering chemistry research*. 2012. 51(16). 5645-5652.
424. Kobori C. N., Wagner R., Padula M., Rodriguez-Amaya D. B. Formation of volatile compounds from lycopene by autoxidation in a model system simulating dehydrated foods. *Food research international*. 2014. 63. P. 49-54.
425. Xu Y., Barringer S. Effect of temperature on lipid-related volatile production in tomato puree. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2009. T. 57. №. 19. C. 9108-9113.

426. Hackett M. M., Lee J. H., Francis D., Schwartz S. J. Thermal stability and isomerization of lycopene in tomato oleoresins from different varieties. *Journal of food science*. 2004. T. 69. №. 7. C. 536-541.
427. Kamal-Eldin A., Pokorny J. Antioxidants in Food Preservation. In: Handbook of Food Preservation. CRC Press, 2020. P. 299-322.
428. Steltzer E. T. Evaluation of chemical assays for determining hydroperoxides levels in oxidized lipids : diss. Rutgers, The State University of New Jersey, 2012.
429. Heinz E. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids. In: Lipid metabolism in plants, CRC Press. 2018. pp. 33-90.
430. Xiang L. A Novel Oxygen Cocktail for Renal Protection and Survival Extension During Prolonged Hemorrhagic Shock. *Physiology*. 2023. 38(S1), 5732929.
431. Oberwinkler F. Evolutionary trends in Basidiomycota. *Stapf*. 2012. 96. P. 45-104.
432. Sakovich, V. V., Zhernosekov D. D., Rebriev A. V., Korolova D. S., Marunych R. Y., Chernyshenko V. O. Metalloprotease from the cultural liquid of *Pleurotus ostreatus*. *Biotechnologia acta*. 2019. 12(6), 35-45.
433. Purification, characterization and functional role of novel extracellular protease from *Pleurotus ostreatus* / G. Palmieri et al. *Appl. Environ. Microbiol.* 2001. Vol. 67, N 6. P. 2754–2759.
434. Поєдинок Н.Л. Біотехнологічні основи інтенсифікації культивування їстівних і лікарських макромицетів з допомогою світла низької інтенсивності. Диссерт. Київ: НАНУ; 2015. 387с.
435. Wanzenböck E., Apprich S., Tirpanalan Ö., Zitz U., Kracher D., Schedle K., Kneifel W. Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT*. 2017. 86. P. 123-131.
436. Ruiz-Duenas F. J., Martínez A. T. Structural and functional features of peroxidases with a potential as industrial biocatalysts. In: Biocatalysis Based on Heme Peroxidases: Peroxidases as Potential Industrial Biocatalysts, 2010. C. 37-59.

437. Hofrichter M., Ullrich R., Pecyna M. J., Liers C., Lundell T. New and classic families of secreted fungal heme peroxidases. *Applied microbiology and biotechnology*. 2010. 87(3). P. 871–897.
438. Бужилов М. Г., Капрельянц Л. В., Пожиткова Л. Г. Розробка біотехнології функціонального зернового продукту BIOFIBER-PBL. *Scientific Works*. 2019. 83. С. 78-86.
439. Elder A. S., Coupland J. N., Elias R. J. Effect of alkyl chain length on the antioxidant activity of alkylresorcinol homologues in bulk oils and oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*. 2021.346. 128885.
440. Zhu Yingdong et al. Identification and pharmacokinetics of novel alkylresorcinol metabolites in human urine, new candidate biomarkers for whole-grain wheat and rye intake. *The Journal of nutrition*. 2014. 144(2). С. 114–122.
441. Бисько Н. А., Бухало А. С., Вассер С. П. і ін. Вищі їстівні базидіоміцети в поверхневій та глибинній культурі. Наукова Думка. 1983. 145 с.
442. Reshetnyk K. S., Yuskov D. Вплив лазерного опромінення на каталазну активність базидіоміцета *Flammulina Velutipes* (CURT.: FR.) Sing. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2019. 81. С. 3-11.
443. Sun H., Chen X., Xiang Y., Hu Q., Zhao L. Fermentation characteristics and flavor properties of *Herichium erinaceus* and *Tremella fuciformis* fermented beverage. *Food Bioscience*. 2022. 50. P. 102017.
444. Zhao G., Liu C., Hadiatullah H., Yao Y., Lu F. Effect of *Herichium erinaceus* on bacterial diversity and volatile flavor changes of soy sauce. *Lwt*. 2021. 139. P. 110543.
445. Řezanka T., Kolouchová I., Sigler K. Precursor directed biosynthesis of odd-numbered fatty acids by different yeasts. *Folia microbiologica*. 2015. 60. P. 457-464.
446. Лопатько К. Г. Використання біологічних властивостей наночастинок металів при вирощуванні зернових. *Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa (MOTROL)*. Lublin, 2011. С. 98–106.
447. Taran N., Batsmanova L., Kosyk O., Smirnov O., Kovalenko M., Honchar L., Okanencko A. Colloidal nanomolybdenum influence upon the antioxidative reaction

- of chickpea plants (*Cicer arietinum L.*). *Nanoscale Research Letters*. 2016. 11(1). H. 476.
448. Zheng L., Hong F.S., Lu S.P., Liu C. Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally and growth aged seeds of spinach. *BiolTrace Elem Res*. 2005. 104. P. 83–91.

РОЗДІЛ 5

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ АРОМАТИЗЦІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Вважається, що світовий попит на продукти харчування буде збільшуватися принаймні ще 40 років, внаслідок зростання населення та споживання [449]. Такі темпи зростання обумовлюють більш глибоке розуміння філософії їжі під час використання інноваційних технологій, тому питання практичного застосування інноваційних технологій ароматизації харчових продуктів є актуальним. Конкретні підходи до приготування їжі, які є загальними для декількох типів установ харчування, визначаються філософією виробництва продуктів харчування: промислова кухня, фаст-фуд і свіжі продукти. Різниця між філософіями поступово зменшується через ринковий тиск: елементи промислової кухні використовуються для швидкої (fast food) і свіжої їжі (fresh food). Диференціація приносить елементи свіжих продуктів в фаст-фуд. З філософії виробництва продуктів харчування необхідно отримати користь: компенсувати інтенсивну переробку в промисловій кухні, протидіяти негативному іміджу смаження в фаст-фудах і поліпшити здоровий вибір свіжих продуктів. Наприклад, функціональні страви з оздоровчими інгредієнтами можуть бути розроблені: заправка для салату зі станолами (зниження рівня холестерину, ефіри рослинного станолу допомагають блокувати резорбцію холестерину), макарони з дієтичними волокнами, десерт зі сріблястою кавою (антиоксиданти, напій з не обсмажених кавових зерен), соус з насінням люпину (профілактика раку) і апельсиновий сік з пробіотичними бактеріями. Smoothie King (США, <http://smoothieking.com>) вже пропонує численні добавки – для енергії, м'язової маси, дієти, жіночого балансу, проти стресу, відновлення суглобів і тканин, заряд кофеїну, мультивітаміни і імунітет [450]. Аромат сьогодні став одним з основних компонентів для розробників продуктів харчування: він надає смак і аромат різним харчовим продуктам, відновлює специфічність втрачену під час обробки і дозволяє розробляти нові продукти з

новими смаками. Тому, в даному розділі розглянуті схеми ароматизації харчової продукції на основі попередників, узагальнені відомості щодо складових компонентів для ароматизації, шляхи використання потенціалу сировини, практичні аспекти запропонованих технологій.

5.1 Технології відновлення природних ароматів у харчових продуктах на основі попередників

5.1.1 Принципова технологічна схема утворення аромату із використанням потенціалу сировини

Найвідоміший внесок ліпідів у аромат це функціонування у якості попередників аромату. Сформовані сполуки можуть бути легко леткими і мати помітні запахи [330]. Взагалі, ароматичний потенціал набагато сильніший в водному (ліпофобному), ніж у масляному (ліпофільному) середовищі. Це також може залежати від полярності конкретної ароматичної сполуки. Речовини низької полярності (довголанцюгові ЖК) мають низькі ароматичні пороги у водному середовищі та високі пороги в олії, в той час як більш полярні речовини (коротколанцюгові ЖК) мають більш низькі ароматичні пороги в маслах і вище пороги у воді [451]. Нестабільність стимулу аромату має важливе значення для нюхового сприйняття. У дослідженнях, проведених нами, процес відновлення аромату був продемонстрований для різних баштанних плодів, причому найкращі результати продемонстровані у наступних кінцевих продуктах: гарбуз і огірок – ароматизована олія, дистиляти (гідролати); кавун – желе, дистиляти (для білої частини м'якоті); диня – суміш з бобовими. Тому, головна мета складання принципової схеми відновлення втраченого аромату після термообробки полягає у виділенні основних технологічних операцій, необхідних для різних плодів (рис.5.1). Технологічний процес відновлення аромату з попередників із залученням комплексу рослинної сировини не впливає на смак харчових продуктів, а тільки на його аромат. На схемі відображено, що комплекс ароматотвірних ферментів (ліпази, ліпоксигенази, гідропероксид ліази)

використовують у вигляді екстрактів або гомогенатів свіжих плодів.



Рисунок 5.1 – Принципова схема відновлення втраченого аромату плодового пюре після термообробки

Ферментативна природа процесів утворення свіжих ароматів із попередників ліпідної природи підтверджується невеликою кількістю внесених гомогенатів і коротким часом протікання реакції утворення аромату. На схемі 5.1 зазначено, що для отримання стійкого та вираженого аромату необхідно забезпечити умови міжфазової активації – велику поверхню стикування між субстратом і ферментами, наприклад, використання розчинів желатину, що мають поверхнево-активні властивості та забезпечують максимальну доступність субстрату цитоплазматичних мембран до активних центрів ферментів, спінення, сушіння. Вірогідність значного збільшення активності ліпази в желатиновому розчині досить висока, оскільки молекули білків у ньому представляють природні поверхнево-активні наночастинки, що мають властивості, притаманні наносистемам. Тому напрямами застосування схеми є виготовлення ароматизованих желе, піни, продуктів з автономним міксінгом та ін.

У наведеній схемі перевірена здатність ферментів, виділених осадженням у відцентровому полі (4000 хв^{-1}) у розчинах спирту й кухонної солі, відновлювати аромат у деароматизованому плодovому пюре. Встановлено, що відсоток відновлення втраченого аромату в плодovому пюре ферментними препаратами знаходиться в межах 60 %. Дія ферментів у рослинній сировині може бути відчутна без їх виділення, але в такому разі до системи необхідно застосовувати дію вакууму або вносити ПАР, желатинові розчини. Відсоток відновлення аромату в такому разі зменшується, але спектр відтінків аромату збільшується у готових стравах.

У роботі були задіяні ферменти з різних джерел, тому на основі метасистемного підходу й узагальнених даних систематизовані відомості ферментативних процесів ароматутворення (табл. 5.1). Необхідно відзначити, що в якості попередників ПНЖК виступає не тільки термооброблена сировина, але й емульсії, відвари лляного насіння, розчини з вмістом ліпідів до 2 %, дезодоровані олії, інші джерела ПНЖК.

Таблиця 5.1 – Джерела рослинних ферментів та умови реакцій за участю ліпідних попередників

Тип реакції	Джерело ферменту	Температу-ра (тривалість)	Роль	Аромат
Десатурація / сатурація	Цитоплазматична мембрана рослин	$4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (1–5 год)	Зміна лаг-періоду	Зміна аромату
Гідроліз (ліпаза)	Висівки пшениці, боби сої, маш, нут	$32 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (1 год)	Збільшення вільних ПНЖК	Збільшення інтенсивності аромату
Окиснювальні (LOX, HPL)	Пробуджене насіння, солодкий перець, кабачок, баштанні, огірок, кавунова шкірка, боби сої, маш	$32 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (0,5 год)	Утворення ПОЛ, альдегідів $\text{C}_6\text{--C}_9$, кетонів, похідних спиртів	Відновлення аромату, повторне утворення ароматичних компонентів

В процесі досліджень були відмічені факти присутності (окрім основних альдегідів $\text{C}_6\text{--C}_9$) кетонів, похідних спиртів, деяких відтінків також супутніх LOX шляху утворення аромату. У випадку перегрупування 9- і 13-гідроперекисів

на 10-гідроперекиси та 12-гідроперекиси невідомі ферменти у болгарському перці формують транс-2-октеналь і транс-2-гептеналь, відповідно. Із 9-гідроперекисів лінолевої кислоти продукувалися 2-пентілфуран і транс-2-ноненаль в огірках і солодкому перці [327]. Ічі Сюй і Шеріл Баррінджер показали присутність таких же ефектів, пояснюючи це дією ізомерних форм HPL [425]. Крім того, деякі сполуки виступають як інгібітори, як наприклад, гідроксамові похідні насичених жирних кислот для 5-ліпоксигенази [452]. Конкурентними інгібіторами для ліпоксигеназ можуть бути фумарова та олеїнова кислоти [453]. Заслуговує уваги дослідження відносно зниження ефективності ЛНЛ кислоти, порівняно до ЛН, у реакціях з 5-LOX [454].

Відновлення аромату в рослинній сировині після теплової обробки здійснено за рахунок реакцій попередників та комплексу ферментів, виділених із свіжої сировини. Результат ферментативного відновлення аромату залежить від умов протікання реакцій, супутніх активаторів, ізомерних форм попередників і ферментів, як наведено на рис.4.21. Ферментативні процеси ПНЖК і рослинних LOX і HPL у різних умовах (посиленому фізичному впливі, вакуумі, мікрохвильовому полі) дозволяють продукувати таку кількість ароматичних речовин, яка є відчутною та достатньою в харчовій солі ароматизованою за рахунок сорбційних процесів. Усі підсистеми відновлення аромату, розроблені для здійснення основного процесу – реакцій утворення аромату за участю попередників (рис. 5.2).

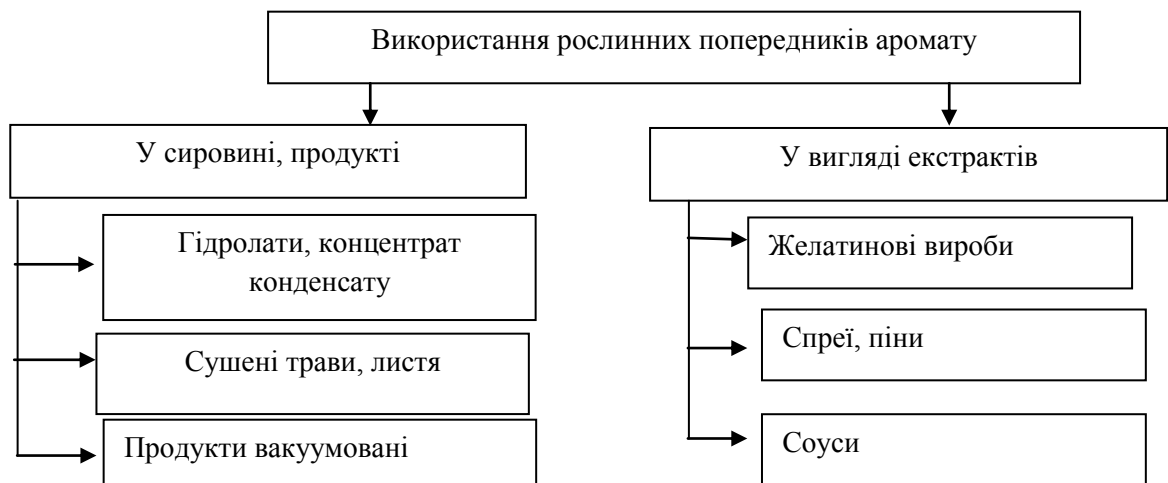


Рисунок 5.2 – Використання рослинної сировини у процесах ароматизації

Ферментативна система в сировині й екстракті дає ефект ароматизації, виражений у межах від декількох годин у харчовому продукті до 2-х місяців у гідролатах, желе. Великою перевагою в технологіях із використанням ферментів є натуральність і доступність компонентів, відповідність аромату вихідного продукту, простота використання в ресторанній галузі. Технологічні рішення з використання рідких ароматизаторів і ароматизованих продуктів не універсальні й відрізняються в кожному із способів, залежно від сировини та кінцевого продукту.

5.1.2 Дослідження процесу ферментації листя дерев та ягід

Хімічний склад листя плодових дерев та ягід містить попередники аромату, схожі на ті, що зустрічаються у плодах цих дерев або ягід. Наприклад, можна припустити, що листя яблуні має компоненти, схожі за ароматом на плоди яблук. Також і з ароматом листя інших дерев та ягід (абрикоси, вишня, малина, смородина), які можуть бути за певних умов сформовані при переробці листя. Метою даного дослідження є визначення особливих умов та технологій, за яких листя плодових дерев та ягід можуть розкрити свій потенціал в утворенні ароматичних компонентів. Передумовою для обґрунтування таких реакцій є технологія обробки чайного листа, який може набувати різних ароматів залежно від умов ферментативних реакцій. В основі одержання чорного, білого, червоного чаю лежать особливі умови окисних процесів та ферментативних реакцій у чайному листі.

Вважають, що основним біокаталізатором чайного листа під час ферментації є поліфенолоксидаза, за допомогою якої окислюються всі основні речовини дубильного комплексу. Велике значення мають такі ферменти як інвертаза, амілаза, окси-нітролаза, протеаза, пектиназа і каталаза. Тому найголовнішим етапом у виготовленні чаю є процес ферментації. За ступенем ферментації чай ділиться на ферментований, напівферментований, легко ферментований та неферментований.

Використання технології одержання ферментованого листя чаю було здійснено при обробці листя плодових дерев та ягід (яблуня, вишня, шовковиця,

малина та ін.), наведені результати виробництва напоїв, наближених до чаю, з листя плодових дерев та ягід [153]. Однак дослідниками не були описані результати відповідності аромату листя та плодів. В основі технології переробки чайного листа лежать три основні операції підготовки листа до сушіння - часткове зневоднення (або холодне сушіння), скручування листа, ферментація в напівзакритій посудині. Далі ферментоване листя сушать за спеціальними режимами. Сушіння видаляє вологу шляхом випаровування з ферментованого листа і разом з цим частково втрачаються АР.

Особливістю підготовки листя плодових дерев і ягід є спосіб зав'ялювання (холодного сушіння). В'янення - це попередня стадія обробки чаю, на якій чайне листя піддається фізичному та хімічному перетворенню для наступних стадій. При обробці чаю велике значення має вміст вологи в чайному листі. Холодне сушіння – це процес часткового сушіння для видалення поверхневої та серцевинної вологи чайного листа при кімнатній температурі. Зав'ялювання листя проводили способами, викладеними в п.2.1 (с.135). Використання двох різних способів підготовки листя дозволяє змодельовати різний підхід до подальшої технології сушіння.

Різні режими ферментації чайного листа або її відсутність дають білий, зелений, жовтий, червоний, чорний вид чаю. Не кожен вид чаю проходить весь технологічний ланцюжок. Наприклад, жовтий та червоний чай є проміжними продуктами між чорним та зеленим. Широкий огляд різних наукових та технологічних аспектів зав'ялювання та сушіння чаю представлений в науковій літературі [455]. Умовами ферментації листя дерев та ягід є тепловий режим (30 ± 3 °C). Тканина, що покриває листя, повинна бути вологою, тому, якщо в приміщенні сухо, її потрібно регулярно зволожувати. Запах фруктових маси під час ферментації буде посилюватися, а колір змінюватиметься на темніший. У деяких випадках для визначення завершення ферментації можна орієнтуватися на інтенсивність запаху. Коли запах стає дуже сильним, а колір темніє, можна переходити до сушіння листя. Якщо ж масу залишити на ферментацію довше, запах значно зміниться або стане ледь помітним.

Кожен етап обробки відіграє важливу роль у зміні ароматичного профілю листя плодових дерев та ягід. Сушіння ферментованого листа на відміну від

сушіння чайного листа має не покращити аромат, а дбайливо його зберегти. Різниця між сушінням чайного листа та листям дерев полягає в тому, що в чайному листі міститься велика кількість флавоноїдів, включаючи катехіни, теафлавіни та флавоноли, а при сушінні їх вміст може ще збільшуватися. Найменші зміни параметрів сушіння можуть призвести до знищення автентичного аромату. Занадто жорсткі чи тривалі режими призводять у кінцевому продукті до запаху сушеної трави чи сіна.

Встановлено, що сушити ферментоване листя (за прискороною технологією ферментації) необхідно в сушильній шафі при температурі 65°C протягом 0,5-0,75 години, а потім при температурі 40-45°C до повного висихання, періодично помішуючи лопаткою. Листя, ферментоване за традиційною технологією, краще сушити на повітрі при температурі 32±2 ° C в тіні протягом 5 годин.

Отримані зразки чаю з листя ягід та плодів дерев заварювали звичайним способом (гарячою водою до 90±2 °C, витримували 15 хвилин у закритому посуді) і потім порівнювали інтенсивність аромату та його ідентичність з плодами дерев або ягід. Оцінювання проводилось в описовому порядку, результати наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Органолептична оцінка аромату напоїв

№	Найменування зразків	Класична ферментація	Прискорена ферментація
1	Листя вишні	Насичений аромат вишні з відтінком кислоти	Аромат вишні з фруктовими відтінками
2	Листя абрикос	Фруктовий аромат	Фруктовий аромат з відтінком сухого листя
3	Листя яблук	Не характерний для яблук чи фруктів аромат	Ледь вловимий фруктовий аромат
4	Листя смородини	Характерний смородиновий аромат	Фруктовий аромат з відтінком смородини
5	Листя малини	Характерний малиновий аромат	Фруктовий аромат з нотками малини

Найкращими результатами були визнані напої з ферментованого листя вишні, смородини та малини, найгіршими – напої із ферментованого листя яблуні (рис.5.3).



Рисунок 5.3 – Зразки ферментованого листа (а) та напої на їх основі (б,в)

Як показали результати органолептичної оцінки напій з листа, ферментованого за прискореною технологією, поступався інтенсивністю аромату. У кожному зразку можна було зрозуміти ідентичність листа плодам чи ягодам. Якість аромату листа прискореної технології ферментації, на нашу думку, залежить від ступеня подрібнення листа після розморожування. Ступінь подрібнення до 5 ± 2 мм призводить до швидкого (каскадного) окиснення компонентів клітинного соку киснем повітря. При пошкодженні підготовленого листа клітинний сік окислює поліфеноли окислювальними ферментами. У традиційній технології руйнація цілісності листа набагато менша і окислювальні процеси йдуть послідовно, з максимальним залученням попередників аромату. Наприклад, при приготуванні синього чаю основною метою процесу випарювання є збереження катехинів у чистому вигляді, тоді як у ферментованому чорному чаї відбувається найбільш повне окиснення всіх катехинів, що містяться в чайному листі [455].

Листя вишні і липи, яке збирали в різні періоди, після ферментації досліджували хроматографічно на вміст ароматичних речовин та їх попередників (рис.5.4, 5.5). У сухому листі міститься велика кількість естерів (45 %), каріофіленоксиду, каурену (12 %: каурен-15-ен, каурен-16-ен), аліфатичних вуглеводнів (37 %), ефірної олії (6 %). Каурени належать до класу гіберелінів і можуть бути виявлені у зростаючих молодих листках. Каріофілен $C_{15}H_{24}$ — терпеновий вуглеводень, існує у вигляді двох ізомерів, має деревний запах, використовується для виготовлення ароматичних композицій. Бензальдегід міститься у ферментованих листках, а також у плодах. Ароматичні глікозиди структурно включають ароматичну сполуку (аглікон) та цукрову частину

(глікони). Вони можуть гідролізуватися з вивільненням вільних летких речовин ендо- та/або екзоглюкозидазою, тоді як їхній біосинтез відноситься до процесу глікозилування з використанням глікозилтрансфераз.

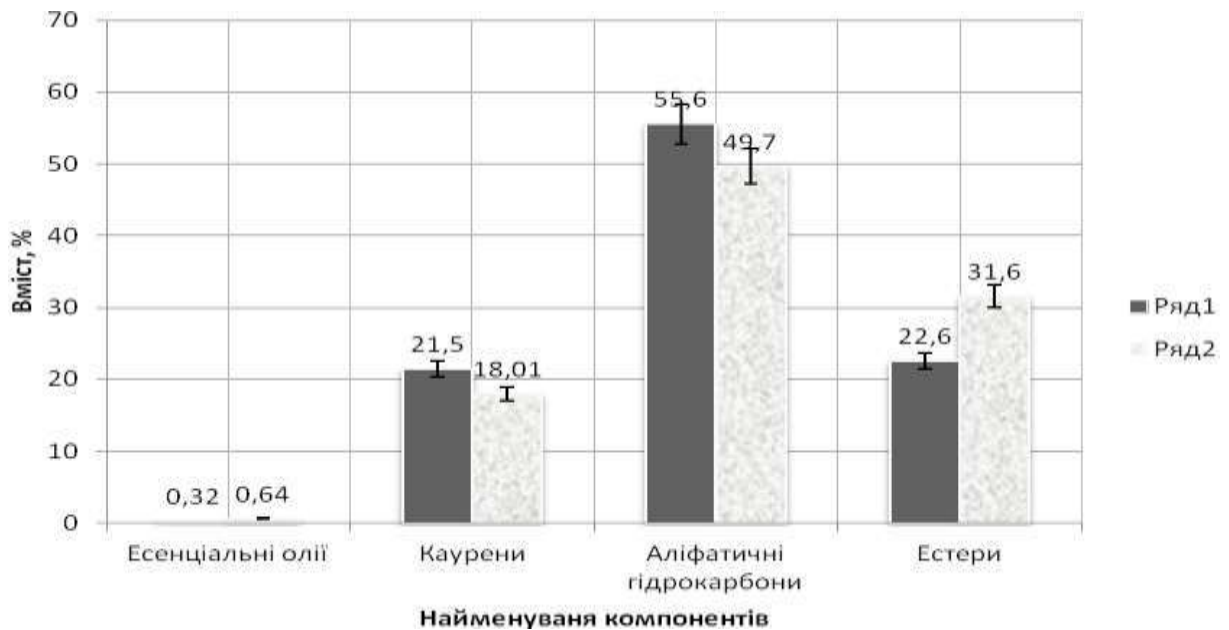


Рисунок 5.4 – Вміст ароматичних компонентів та їх попередників в ферментованому листі липи, зібраних в різні періоди: ряд 1 – до цвітіння, ряд 2 – після цвітіння (значення являють собою середнє \pm стандартне відхилення, $n = 3$, $p \leq 0,05$)

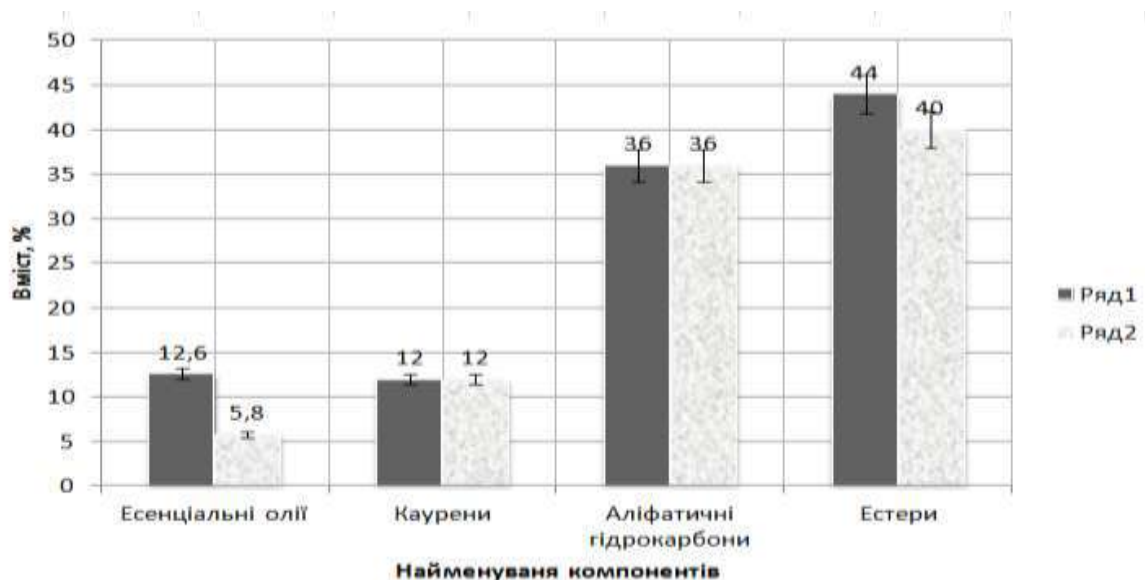


Рисунок 5.5 – Вміст ароматичних компонентів та їх попередників в ферментованому листі вишні, зібраних в різні періоди: ряд 1 – до плодоносіння, ряд 2 – після плодоносіння (значення являють собою середнє \pm стандартне відхилення, $n = 3$, $p \leq 0,05$)

До цих пір ароматичні глікозиди були виявлені та вивчені у багатьох фруктах, таких як виноград, манго, лічі і так далі. Надано інформацію для майбутніх досліджень ароматичних глікозидів, отриманих із фруктів [456]. Фруктовий аромат в основному зумовлений вільними та глікозидно-пов'язаними ароматичними сполуками.

За результатами хроматографічного аналізу, вміст есенціальних олій та естерів, які могли б бути відповідальними за неферментативний характер аромату, в листях вишні після плодоносіння та липи до цвітіння був знижений. Попередні дослідження показали, що ферментація листя вишні до та одразу після цвітіння не призводить до утворення вишневого аромату, тому в хроматографічних дослідженнях листя, зібране в цей період, не було враховано. Каурени, що належать до класу гіберелінів, можуть бути виявлені в молодому листі, що активно росте. Показник вмісту кауренів у листі вишні до та після плодоносіння (рис. 5.4 та 5.5) майже не змінюється, що вказує на відсутність росту листя в цей період. У листі липи вміст кауренів до цвітіння був на 1,2 рази більший, ніж після нього, що свідчить про продовження розвитку листя липи в період його збору. Переваги збору листя в різні періоди за результатами органолептичної оцінки екстрактів ферментованого листя наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Характеристика зразків водно-спиртових екстрактів листя липи та вишні

Найменування зразків спиртових екстрактів	Вміст хлорофілу а, мг/г сировини	Вміст хлорофілу б, мг/г сировини	Оцінка дегустаторів, бали	Опис аромату
1	2	3	4	5
Ферментоване листя				
Листя липи до цвітіння	5,8 ±0,4	3,1±0,2	4,836±0,053	Виражений аромат цвіту липи
Листя липи після цвітіння	6,4 ±0,5	3,8±0,1	4,054±0,077	Солодкий, фруктовий з відтінком липи
Листя вишні до цвітіння	7,3±0,3	3,3±0,2	1,073±0,051	Без ознак приналежності до плодів вишні. Суто трав'янистий запах листя
Листя вишні до плодоносіння	6,9 ±0,2	3,3±0,2	4,109±0,081	Солодкий, фруктовий з відтінком плодів вишні
Листя вишні після плодоносіння	6,1 ±0,2	3,0±0,1	4,855±0,049	Виражений аромат плодів вишні

Продовження табл.5.3

1	2	3	4	5
Неферментоване листя				
Листя липи до цвітіння	5,8 ±0,4	3,1±0,2	1,046±0,031	Аромат зеленого листя або GLV
Листя вишні після плодоносіння	6,4 ±0,2	3,0±0,1	1,091±0,039	Аромат зеленого листя аб GLV

Екстракти ферментованого листя, екстрагованих водою, отримали оцінки дегустаторів подібно водно-спиртовим екстрактам. Суттєвої різниці між оцінкою ароматів зразків, екстрагованих водою чи водно-спиртовими екстрактами, не було відзначено. За подальшими спостереженнями, екстрагування ферментованого листя липи водно-спиртовим розчином дозволило зберегти аромат у розчині на тривалий період – до 6 місяців. Аромати з водних розчинів випаровувалися швидше порівняно з водно-спиртовими. За результатами дегустаційної комісії, після оцінки аромату зразків ферментованого листя та екстрактів, було визначено, що для активації РАФ найкращим є збір листя липи перед цвітінням, а для вишні – після плодоносіння. У цей період у ферментованого листя та екстрактів відчувається найбільший аромат вишні або липового цвіту. У екстрактах листя без попередньої ферментації присутній зелений трав'янистий аромат (GLV), без ознак належності до конкретного виду дерева. Тому для активації РАФ необхідно включити поліфенолоксидази, що активуються при пошкодженні листя, а також ліпоксигенази, гідропероксидліази та ймовірно хлорофілази, активність яких впливає на ферментативні та метаболічні процеси листя. Ферменти рослинної сировини можуть проявляти свою активність у різній мірі в залежності від фази росту, умов зберігання чи переробки. Наприклад, активність ліпоксигенази в багатьох рослин значно зростає в березні, під час фази пробудження. Встановлено, що вихід з стану спокою супроводжується зростанням активності 9-ЛОГ [457,458].

Леткі речовини зеленого листя (GLV) переважно є C₆-, а інколи також C₉-альдегідами, спиртами та ефірами, які утворюються рослинами у відповідь на біотичні/абіотичні стреси. Ці сполуки є похідними ПНЖК і мають характерний запах свіжоскошеної трави. Рівень синтезу ферментних білків у рослинах

визначається генетично. Неферментоване листя має типово трав'янистий аромат завдяки участі комплексу ферментів (ліпоксигеназа, аленоксидсинтаза, гідропероксидліаза, дівініл ефірсинтаза, епоксіалкогольсинтаза, пероксигеназа, алкілгідропероксидредуктаза) у реакціях з попередниками аромату [459].

Активація ферментного комплексу РАФ в листі веде до утворення аромату, який відрізняється від GLV. Рослини мають значну кількість фенольних сполук, трансформація яких тісно пов'язана з діяльністю окислювальних ферментів, зокрема поліфенолоксидаз. Активність поліфенолоксидаз, як і ліпоксигеназ, в різні періоди розвитку листя дерев має відмінності [460].

В ферментованих листях вишні після плодоносіння показники, які мають відношення до аромату зменшились. Вміст аліфатичних гідрокарбонатів, естерів карбонових кислот зменшились не суттєво – від 1 до 4 %, а вміст есенціальних олій зменшився в 2,2 рази (рис. 5.4, рис.5.5). Вміст аліфатичних гідрокарбонатів в листях липи до цвітіння більше на 5,9 % ніж після цвітіння, а вміст есенціальних олій, навпаки менше в 2 рази. Подібно до есенціальних олій вміст естерів в листях липи до цвітіння зменшений на 9 % ніж після цвітіння.

Багато естерів карбонових кислот мають характерні фруктові або квіткові запахи, чим пояснюється фруктовий аромат в екстрактах. Аліфатичні гідрокарбонати в листі є попередниками ароматичних сполук. Одним із таких компонентів є кутин, що проникає в зовнішній шар епідермісу листя і є різновидом воску, утвореного жирними кислотами з меншою молекулярною масою. Ферментативні перетворення цих попередників аромату можуть здійснюватися за участю ліпоксигеназ та гідропероксидліаз, які присутні в листі та активуються під час зав'язання та ферментації. Під впливом ферментативних процесів ці сполуки утворюють свіжі, зелені нотки аромату.

Для дослідження листя на різних етапах розвитку ми виміряли концентрацію хлорофілу в екстрактах листя на кожному етапі. Однією з найбільш помітних змін у в'янутих рослинних тканинах, що містять хлорофіл, є втрата характерного зеленого кольору. Це часто пов'язано з дозріванням плодів, а "пожовтіння" є ознакою в'янення тканин стебел і листя. Це не має прямого

впливу на формування аромату, подібного до плодів або квітів дерев, але з старінням листя і зменшенням хлорофілу, зростає вміст каротиноїдів. Під час розщеплення каротиноїдів діоксигеназами утворюються леткі апокаротиноїди, що надають аромату чайного листя під час ферментації. Оскільки ферментація листя липи та вишні здійснювалася подібно до чайного листя, поява фруктового аромату, ймовірно, пояснюється цими процесами та наявністю естерів.

Дослідження показали, що вміст хлорофілу в листі вишні після цвітіння, але до плодоношення, відрізняється від листя, зібраного після цього періоду (табл. 5.3). У першому випадку вміст хлорофілу вищий, а в другому знижується. Листя липи було зібране на початку формування, тому вміст хлорофілу на цьому етапі був менший, ніж після цвітіння. Найбільша схожість аромату листя до цвіту липи або плодів вишні спостерігається, коли вміст хлорофілу є найменшим.

Хлорофіл має важливе значення в процесах фотосинтезу, пов'язаний з білковими молекулами у високоорганізовані комплекси. Температурний і водний режими розвитку листя впливають на вміст хлорофілу, кількість ферменту Рубіско, білків світлозбирального комплексу та цитохромів. Підготовка та ферментація листя створюють стресові умови, що призводять до штучного старіння листя та денатурації білків. У дослідженнях листя маніоки виявлено, що при зменшенні рівня хлорофілу в процесі дозрівання рослин збільшується вміст антиоксидантних речовин, таких як вітамін С, поліфеноли та β -каротин. Збільшення поліфенолів у листі активує відповідні ферменти – поліфенолоксидази [461-463].

При порівнянні процесів ферментації листя дерев з ферментацією листя чаю варто звернути увагу на те, що основним біокаталізатором у ферментації чаю є поліфенолоксидази, які відповідають за реакції потемніння рослинної сировини [464]. Ушкодження рослинних тканин при нарізанні, приготуванні або ферментації змінює метаболізм, що призводить до підвищення респіраторної активності, виробництва етилену, а також до в'янення і дозрівання [465]. У зелених частинах рослин хлорофіл завжди супроводжується каротиноїдами – β -каротином, лютеїном, віолаксантинами та неоксантином [466, 467]. Ці пігменти

визначають зміну кольору екстрактів під час ферментації листя. Важливо зазначити, що в листі вишні, зібраного до цвітіння, зміна кольору, тобто потемніння, відбувається повільніше або не відбувається зовсім у порівнянні з листям, зібраним на інших етапах. Зміни аромату листя вишні, зібраного в цей період, також не спостерігаються. Таким чином, зміна концентрації барвних речовин в екстрактах листя дає уявлення про процеси ферментолізу в листі, зібраному на різних етапах розвитку, і може слугувати маркером ферментативних реакцій. У молодому листі, зібраному до цвітіння, барвні речовини починають інтенсивно утворюватися при механічних пошкодженнях тканин, що супроводжується окиснювальною конденсацією. Якісна різниця в кольорі ферментованого листя липи, зібраного в різні періоди, свідчить про те, що ферментативні процеси ароматоутворення залучають ферменти, які змінюють забарвлення.

Синтез фенолів у рослинах пов'язаний із підвищеною активністю фенілаланін аміак-ліази, халконсінтази та інших ферментів вторинного синтезу [468]. На активність фенілаланін аміак-ліази впливають такі фактори, як світло, механічні пошкодження, захворювання тощо. У відповідь на стрес метаболічний шлях фенілаланін аміак-ліази бере участь у виробництві різних природних продуктів, таких як фітоалексини, гідроксикоричні кислоти, флавоноїди тощо [469]. Пошкодження листя перед ферментацією є фактором, який запускає ці ферментативні перетворення, що стосуються кольору та аромату листя. Продукти ферментативного окиснення фенолів, такі як хінони, окислюють інші речовини листя і утворюють ароматичні сполуки, які беруть участь у створенні аромату ферментованого листя. Хінони схильні до реакцій конденсації, утворюючи високомолекулярні коричневі пігменти, які мають високу реакційну здатність і легко з'єднуються з SH-групами та аміногрупами білків [470]. Це пояснює, що під час ферментації інтенсивніші зміни кольору пошкодженого листя супроводжуються вираженішим ароматом.

Листя дерев та ягід, таких як абрикоси, вишні, малина, смородина, можуть містити попередники аромату, які при певних умовах переробки можуть

формуванню відповідного аромату. У роботі [153] представлено технологію напоїв з ферментованого листя плодових дерев та ягід (яблуна, вишня, шовковиця, малина тощо), було поставлено за мету розробити альтернативні варіанти напоїв, подібних до чаю. В даному дослідженні результатом є вибір періоду збору листя для отримання аромату вишні і цвіту липи ферментативним шляхом. Такий підхід дозволить отримати листя з ароматом ягід, плодів, квітів і збільшити виробництво натуральних ароматизаторів для органічної продукції.

Хімічні зміни, що відбуваються в рослинах після збирання, контролюються різноманітними біохімічними механізмами. Присутність певного ферменту сама по собі не завжди визначає його функціональну роль у фізіологічних процесах. Наприклад, у бульбах картоплі є інвертаза, але її активність може бути знижена білковим інгібітором інвертази [139]. Попередники смаку та аромату не завжди перетворюються на смакоароматичні сполуки на місці, навіть якщо в наявності є специфічні ферменти, оскільки ці речовини можуть бути фізично ізольовані одна від одної клітинними структурами.

Руйнування клітин є важливим чинником для біохімічних змін у рослинах і значно впливає на формування смаку, аромату, а також на виникнення побічних присмаків і запахів. Пошкодження листя викликає стрес, який впливає на всі структури рослинної тканини: припиняється постачання води та нутрієнтів, а також уповільнюється дихання. Гіпоксія рослин, у свою чергу, спричиняє зміни в активності рослинних ферментів [471]. У таких умовах важливо враховувати зміни активності рубіско (D-рибулозо-1,5-дифосфат-карбоксилази/оскігенази, EC 4.1.1.39), який стабілізує ферментативні процеси і впливає на каталітичну активність та швидкість дії ферментів у стресових умовах [472]. Білкові компоненти листя, такі як рубіско, у поєднанні з дубильними речовинами утворюють складні комплекси [366], які з часом стають менш стабільними. Це сприяє вивільненню дубильних речовин, що є корисним для створення аромату.

Рубіско – один з найдревніших білків на Землі, частка якого складає до 50% всіх розчинних білків і до 30% загального вмісту азоту листків рослин, що характеризуються C-3 шляхом фотосинтезу. На частку рубіско приходить 60%

від загальної кількості розчинних білків рослинної клітини. Характер відповіді рубіско, RA (Rubisco activase, рубіско активаса) і RBP (Rubisco binding protein, рубіско зв'язуючий білок) на дію температури залежить від інтенсивності та тривалості впливу, типу клітин і тканин, а також стадії розвитку рослини [472]. Саме тому вибір періоду збору листя є важливим для отримання специфічних ароматів, які ідентифікуються з джерелом походження листя, а в подальших дослідженнях РАФ увага повинна бути зосереджена саме на аспекті їх взаємозв'язку з рубіско. Білок також привабливий завдяки своїй високій харчовій цінності та засвоюваності *in vitro*.

Функція листя як джерела ароматичних компонентів є відносно новою. Листя – це метаболічно активні органи з дуже низьким рівнем енергетичних запасів, що призводить до їх швидкого псування після відділення від рослини [473]. Ферментація свіжозірваного листя допомагає уникнути псування і може бути джерелом різних ароматичних сполук. Передумови для таких процесів базуються на технології обробки чайного листя, який набуває різних ароматів залежно від умов проведення ферментації. Ферментативне перетворення попередників аромату в листі вишні та липи залежить від таких чинників, як наявність сполук-попередників, температура, тривалість процесу, активність води та комплексу рослинних ферментів. Процес ферментації може бути призупинений в залежності від накопичення необхідних ароматичних сполук. Наприклад, різні режими ферментації або її відсутність призводять до утворення різних видів чаю, а ступінь ферментації визначає категорії чаю: ферментований, напівферментований, легко ферментований і неферментований [474]. Відсутність спеціальної ферментації листя липи та вишні призвела до утворення лише аромату, що відповідає профілю GLV. Це підтвердило включення поліфенолоксидаз у процес ароматоутворення як частину комплексу РАФ. Саме попереднє руйнування цілісності листя дозволяє ферментам доступ до субстратів під час ферментації. Для досягнення максимального наближення до аромату плодів або цвіту липи важливо враховувати період збору листя, коли комплекс РАФ є найбільш активним, а також коли сформовані необхідні попередники

аромату. В екстрактах з листя липи було виявлено рослинний слиз, подібний до того, що міститься в цвіті липи, його роль в ароматоутворенні не була визначена. Функціональні характеристики екстракту листя подібні екстракту цвіту липи за цією ознакою. Для листя липи та вишні важливим є вибір періоду збору, оскільки склад ферментів у листі залежить від етапу його розвитку, що впливає на досягнення аромату, схожого з ароматом цвіту липи або вишні.

Технологія ароматизації овочевих та м'ясних страв: під час варіння та тушкування овочів утворюється неприємний запах, що знижує попит споживачів на готові страви. Для того, щоб надати овочевим салатам, дієтичним продуктам свіжого приємного запаху та замінити підсилювачі аромату на натуральні, використовували рослинний ферментний препарат (РФП) для покращення органолептичних властивостей харчових виробів, схема виготовлення якого представлена на рис. 5.6.



Рисунок 5.6 – Функціональна хема отримання ароматизованого продукту та РФП

Режими виділення РФП з огірка та горохових стулок були попередньо відпрацьовані під час розробки технологічної схеми виробництва ароматизованої харчової продукції з апробацією в кафе «У Танюши» (додаток И). Сутність отримання РФП поляє у екстрагуванні та осадженні ферментів, необхідних для реакції з попередниками аромату. Виготовлений РФП, з метою технологічності застосування, поєднували з відвареною капустою або рідиною після варіння, заморожували або висушували та отримували продукт із властивостями ароматизатора. Для збереження активності ферментів, а також для попередження бактеріального забруднення використовували ліофілізацію, концентрування пектином. Відомо, що розбавлені ферментні розчини швидко втрачають активність, але цієї втрати можна уникнути, якщо: 1) концентрувати ферменти; 2) додати гліцерин; 3) ліофілізацією [245].

РФП переносили на носії або у пюре відвареної капусти білокачанної або кабачка. використовували для покращення аромату страв (рис. 5.7).

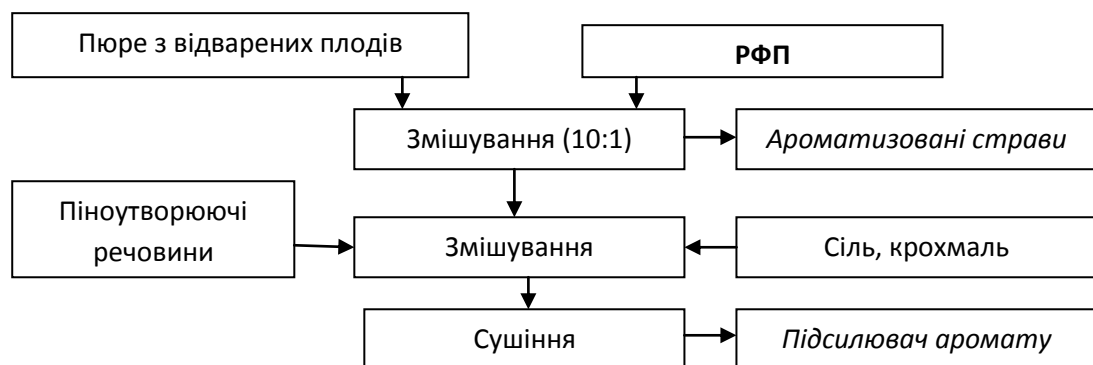


Рисунок 5.7 – Узагальнена схема використання РФП

Термін зберігання концентрованих ферментів на підприємствах харчування становить 1–3 місяці.

У своєму хімічному складі капуста містить віск. Кількість восків у листі зростає за мірою розвитку рослини, вміст їх у листі дорослих рослин становить 0,21 % на сирі масу листя. Головні складові частини воску, що міститься на поверхні листя капусти, – вуглеводень н-нонакозан і його похідні: нонакозанон і нонакозанол утворюються шляхом подовження вуглецевого ланцюга пальмітинової кислоти [251]. Вони також можуть бути попередниками для

ароматоутворюючих реакцій та містяться у рідині після нетривалого бланшування капусти. З поверхні капусти проводили змивання восків гарячою водою для приготування заморожених ароматизаторів. Для виготовлення ароматизаторів у сухому та замороженому (твердому) стані була розроблена відповідна схема (рис. 5.8). Свіжу білокачанну капусту (500 г) відварили у 200 мл води протягом $\tau = 15$ хв. Рідину та капусту після варіння залишили окремо для охолодження. Після цього у рідину (200 мл) додали порошок гірчиці (25 г), вітамін С (50 мг), РФП огірка (10 мл). Перемішали для отримання однорідної суміші, розлили у форми для льоду та заморозили, отримали твердий ароматизатор. Відварену капусту подрібнили до однорідного стану пюре у блендері, додали РФП огірка та гороху по 10 мл кожного. Знову все перемішали та висушили до вологості $\phi = 20\%$.

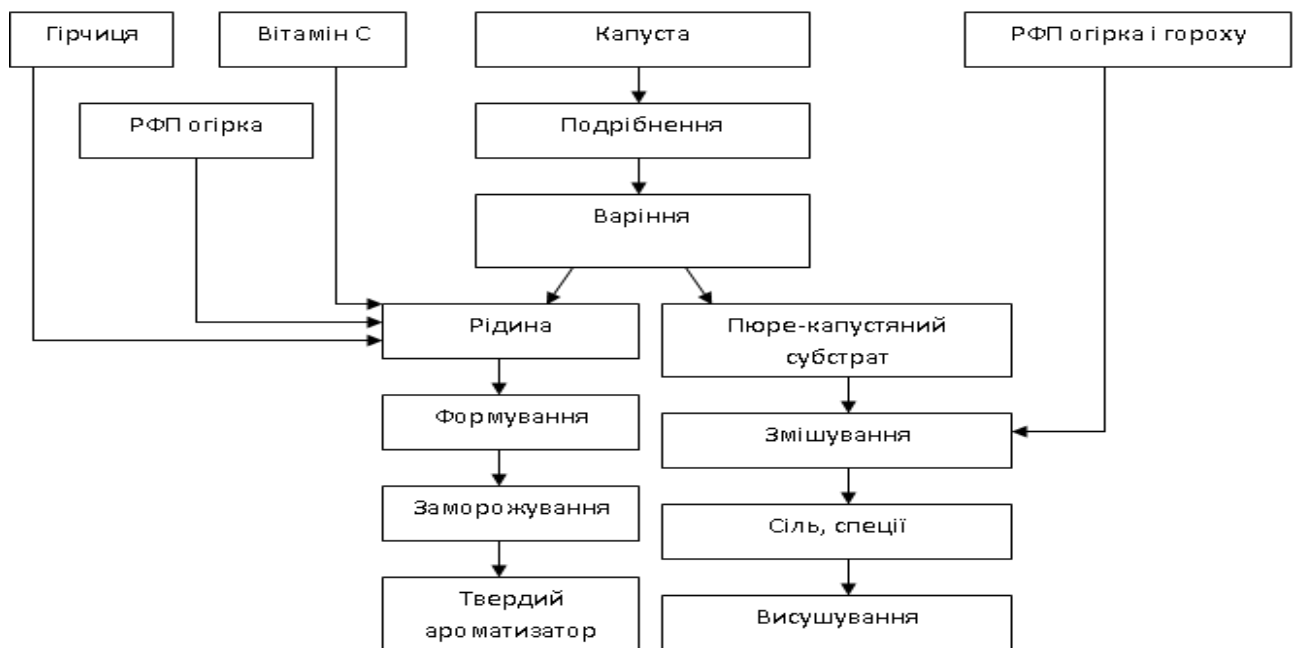


Рисунок 5.8 – Схема виготовлення ароматизатора на основі капусти

Залежно від способу зберігання РФП (заморожений, висушений, рідкий) розроблено асортимент блюд із використанням РФП. Сухий порошкоподібний РФП було виготовлено на основі капусти (термооброблене, подрібнене листя). Продукти з використаними РФП (напівфабрикат «Пот-о-фе» з варених овочів, «Брюссельські корзинки», «Голубці овочеві») були представлені на щорічних святах професійної майстерності ПУЕТ (додаток К). В досліджуваних зразках

страв за органолептичною оцінкою достатньою кількістю ароматизатора є 10 ± 2 %.

Наступними технологічними рішеннями було застосування ліпідів м'яса як попередників аромату та розчинників певних АР. У яловичині міститься лінолевої кислоти 0,4 г на 100 г, ліноленової – 0,14 г на 100 г. Ліпоксигеназа в присутності кисню повітря окиснює ненасичені жирні кислоти м'яса, в основному лінолеву та ліноленову, перетворюючи їх у пероксиди. Пероксиди виступають сильними окиснювачами, вони діють на насичені та ненасичені жирні кислоти. У результаті утворюються альдегіди та кетони, які надають виробам аромат. При слабкій дії ліпоксигенази в невеликій кількості утворюються пероксиди, що позитивно впливають на аромат за рахунок окиснення переважно ПНЖК, вміст яких в яловичині в середньому складає 0,556 г/100 г (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346403/nutrients>).

Нами була досліджена можливість використання попередників ліпідної природи з м'ясо-більйонної суміші. Мета, яка була поставлена – збагатити органолептичний профіль м'ясних бульйонів при низькому вмісті ліпідної фракції. Обробка м'яса для виділення одорантів полягає в екстрагуванні подрібнених зразків водою і обробкою екстракту протеолітичними ферментами або тривалому нагріванні м'ясного зразка за підвищеної температури. У більшості випадків із екстрактів складають композицію з додаванням дріжджових автолізатів, гідролізату білка, органічних кислот, тваринних жирів [34]. Способи отримання таких ароматизаторів не мають широкого поширення, оскільки якість одоранта нестабільна, важко піддається контролю і залежить від початкової сировини, тому дослідження властивостей ферментів гарбуза та дині посилювати м'ясний аромат на перекисних компонентах повинно отримати подальший розвиток.

Для визначення змін аромату використовували соєву LOX-15, яка не окиснює тригліцериди, а тільки ПНЖК. Водний екстракт LOX-15 готували з попередньо пробуджених соєвих бобів (гідромодуль 1 : 8). Для приготування бульйону брали 10 наважок м'яса яловичини по 30 г кожна. Заливали холодною водою по 100 мл. Піддавали тепловій обробці протягом 25...30 хв для

екстрагування ПНЖК і запобігання їх гідролізу. Додавали в кожний зразок соєвий екстракт у кількості від 1 до 10 % до вихідної маси зразків і ставили в термостат на 45 хв за температури 37...40 °С. Далі визначали ступінь окиснення ліпідів у м'ясо-бульйонній суміші за кислотним числом. Збільшення кислотного числа відбувалось в інтервалі від 1 до 7 % внесеного екстракту ферментів LOX-15. Утворені гідропероксиди піддавали подальшому розщепленню комплексом LOX і HPL, виділених із гарбуза та дині. За результатами органолептичної оцінки утворені сполуки мають приємний виражений м'ясний аромат таких загально визнаних напрямів як хамон, манти.

Забезпечити доступ до зв'язаних ліпідів (фосфоліпідів) як до основних компонентів реакції ароматутворення можна за допомогою утворення комплексів окиснених вільних жирних кислот з білком або неферментативним окисненням ліпідів. Важливу роль у цьому процесі відіграють: аскорбінова кислота, іони магнію у хлорофілбілкових комплексах і відсутність поліфенольних сполук.

Окиснені вільні ліпіди утворюють комплекси з білками цитоплазматичної мембрани, в яких беруть участь перекисні та карбонільні групи. Після зв'язування вільних ліпідів активуються ліполітичні ферменти. Специфічність дії цих ферментів полягає в тому, що один і той же фермент може мати декілька ферментних активностей.

Окрім розглянутих ПНЖК, попередниками речовин аромату є водорозчинні низькомолекулярні сполуки: глюкоза, фруктоза, рибоза, аміни, карбонільні та сірковмісні продукти, а також амінокислоти. На формування аромату продуктів із м'яса птиці впливають сірковмісні органічні сполуки.

Нами досягнуто збагачення ароматичного профілю м'ясних бульйонів з низьким вмістом ліпідів та вирбів з м'яса птиці. Це найбільш поширені страви у дієтичному харчуванні, які набувають приємного аромату за рахунок використання ферментів LOX. Для панелі порівняння нами використані зразки аромату хамону, манти, м'яса запеченого з динею. Ферменти LOX і HPL з дині, гарбуза, огірка вступають в реакцію взаємодії з ПНЖК м'ясного бульйону з

утворенням C₆-C₉ оксикислот та їх ароматичних похідних, модифікуючі бульоний аромат до виразного та апетитного.

5.2 Розроблення технології ароматизованих функціональних продуктів

Аналіз літератури, яка присвячена раціональному, лікувальному, дієтичному та дитячому харчуванню доводить, що існує багато страв, які мають користь, але володіють такими органолептичними властивостями, які потребують збагачення та удосконалення [475-478]. Наприклад, картопляний сік, допомагає при виразковій хворобі, нормалізує роботу кишечника, готують із сирої картоплі без додавання інших компонентів. Доведено, що картопляний сік ефективний при лікуванні гастритів з підвищеною секрецією, допомагає при спастичних запорах, позитивно впливає на стан пацієнтів із диспепсичними розладами ШКТ, виступає інгібітором картопляної протеїнази II для зниження ваги, попереджає дерматит, індукований протеазою [479, 480]. Ефективність використання картопляного соку при диспепсичних розладах ШКТ доведено як у експериментах *in vivo* [479, 483], так й у клінічних дослідженнях [485, 489]. Показано, що як вміст, так і профіль поліфенольних сполук, антиоксидантної активності, залежить від сорту картоплі, з якого отримано сік [484, 485].

Оскільки картопляний сік є новим видом харчової продукції, в якості аналога розглянутий спосіб отримання картопляного соку, описаний в патенті «Спосіб виробництва картопляно-сокової продукції засобами харчової технології» [486]. Обмеженням у реалізації даної мети є інформація щодо наявності токсичних глікоалкалоїдів в бульбах картоплі. Соланін у бульбах картоплі на 50-80% сконцентрований в лушпинні та в тонкому шарі безпосередньо під ним, і, таким чином, може бути у великій мірі видалений при очищенні. У стиглій картоплі міститься всього 0,04±0,01 % соланіну, а легке отруєння виникає якщо з'їсти 20 мг соланіну. Соланін у бульбах картоплі на 50-80% сконцентрований в лушпинні та в тонкому шарі безпосередньо під ним, і, таким чином, може бути у великій мірі видалений при очищенні. Баклажани, зелені помідори, які також містять соланін і не вживають у сирому вигляді,

піддають ферментації, після якої алкалоїди руйнуються внаслідок руйнування зв'язку між цукрами та аглікону соланідину. Останіми роками глікоалкалоїди їжи розглядають як джерело боротьби з раковими захворюваннями [487].

Картопляний сік із сирих плодів містить ферменти і багатий на ліпоксигенази. Ліпоксигеназа (приблизно 10% від загального білка), дефензин (5%) і крохмальфосфорилаза L-1 (4%), а також аннексин, гліоксалаза I, енолаза, каталаза і UDP-пірофосфорилаза, присутні в соку сирої картоплі. Властивості ліпоксигеназ сирої картоплі використовують для виробництва високоякісної продукції з хлібопекарського борошна. Ліпоксигенази картоплі активуються поліфенолами і беруть участь у розпаді каротиноїдів [488]. Ліпоксигеназа, яку виділяли з бульб картоплі (*Solanum tuberosum L.*), названа 5-ліпоксигеназою (5-ЛО), оскільки гідропероксидна група приєднується до 5 вуглецевого атому арахідонової кислоти. 5-ЛО відрізняється від раніше охарактеризованих соєвих ліпоксигеназ характеристиками рН реакції оксигенації. Фермент мав оптимум рН 5,5–6,0 і був неактивним при рН 9,0 [489].

Питання безпечності застосування сирої картоплі для виробництва напоїв полягає в запровадженні технології ферментації, яка має властивості змінювати хімічний склад сировини, рН середовища та ін. В якості додаткових компонентів до картопляного соку в технології ферментованих напоїв з природною газациєю були використані комбуча (для напою типу безалкогольне просекко), сироватка (для напою типу молочний квас), лактоферментований сік капусти (для напою типу реджувелак картопляний), свіжі подрібнені яблука (для напою типу картопляний квас). Приготування картопляного соку здійснювали наступним чином: картоплю промивали, очищували від шкірки, ополіскували, нарізали на шматки. В блендері, або подібному пристрої, шматочки картоплі тонко подрібнювали, відпресовували сік, а решту мезги заливали кип'яченою підсоленою водою, після настоювання отриманий дифузійний сік об'єднували з відпресованим.

В контрольному зразку (рис. 5.9 а) відчувався аромат та присмак сирих плодів, загальний смак був прісний та мав негативні характеристики. Сік сирої

картоплі має властивість до ферментативного потемніння. Реакція обумовлена окисленням тирозину картоплі киснем повітря. В контрольному зразку картопляного соку після 3 діб зберігання (рис. 5.9 б) відчувався аромат та присмак сирих плодів, загальний смак був прісний та мав негативні характеристики. Існує декілька способів запобігання потемнінню: використання сульфітації (для зниження активності поліфенолоксидази), термічне оброблення (недоліком є втрачання термолабільних біологічно активних сполук), використання листя хрону та куркуми (для створення умов конкурентного інгібування ферментів). Існує ще один шлях – створити умови зв’язування білків та поліфенолів, шляхом поєднання картопляного соку та молочної сироватки (рис. 5.9 в). Зміна кольору та аромату в картопляному соку взаємопов’язані між собою, оскільки є частиною загальних ферментативних перетворень. Можна зробити припущення, що найбільш активний фермент сироватки картоплі ліпоксигеназа-5 обумовлює ліпоксигеназний шлях утворення сирого картопляного запаху. Відсутність зміни кольору в купажі «сироватка-картопляний сік» вказує на те, що ферментативні реакції потемніння гальмуються.

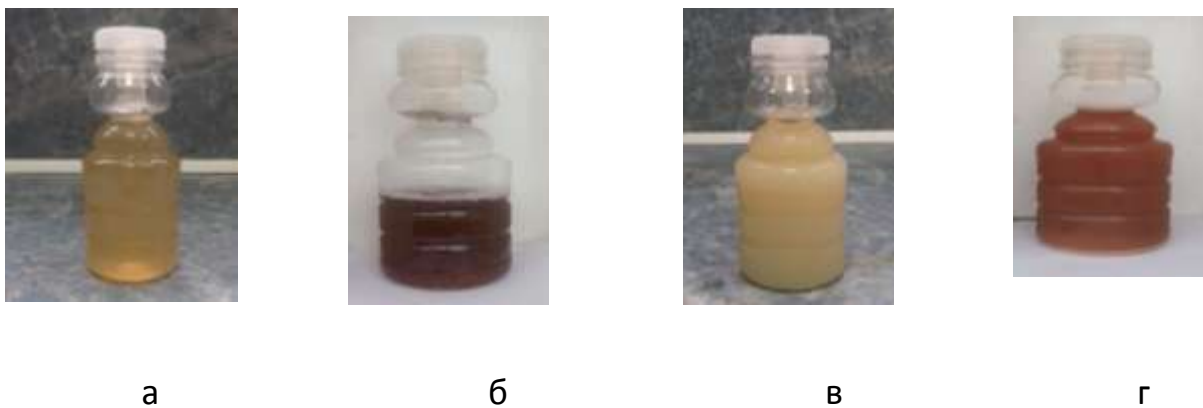


Рисунок 5.9 – Сік сироватки картоплі: а – контрольний зразок, б – сік після зберігання протягом трох днів; в – сік картоплі з сироваткою після зберігання протягом десяти діб; г – сік картоплі з екстрактом калини.

Аромат зразків в такому купажі відповідав аромату сироватки і не мав картопляного присмаку або відтінку. Під час порівняння кольору картопляного соку в контрольному зразку та картопляного соку з калиновим соком, який має

червоне забарвлення, можна побачити тенденцію до потемніння (рис.5.9 г) після трох діб зберігання. Таким чином, не всі плодово-ягідні соки здатні до стабілізації кольору картопляного соку.

Найкращими компонентами, з точки зору органолептичних показників, для зброджування стали комбуча або сироватка. Поєднання картопляного соку і комбучі у співвідношенні 1:1, витримка протягом 3 діб призвели до вторинної ферментації суміші (рис.5.10).



Напій безалкогольний на основі соку картопляного з кавуною плазмою

Напій безалкогольний на основі соку картопляного з томатною плазмою

Яблучно-картопляний квас бездріжджовий



Рисунок 5.10 – Фото експериментальних зразків напоїв на основі картопляного соку

В результаті був отриманий напій прозорий, світло-жовтого кольору, з приємним смаком і ароматом. Оптимальне купажування сироватки і картопляного соку залежало від виду сироватки. Кращими були визнані зразки з більш кислою сироваткою, ніж з солодкою. Наведені результати свідчать про те, що застосування соків для купажування необхідно також обирати з ліпоксигеназним шляхом формування аромату. До таких соків відноситься томатний та кавуновий соки, а також плазма отримана з цих плодів (рис.5.11).

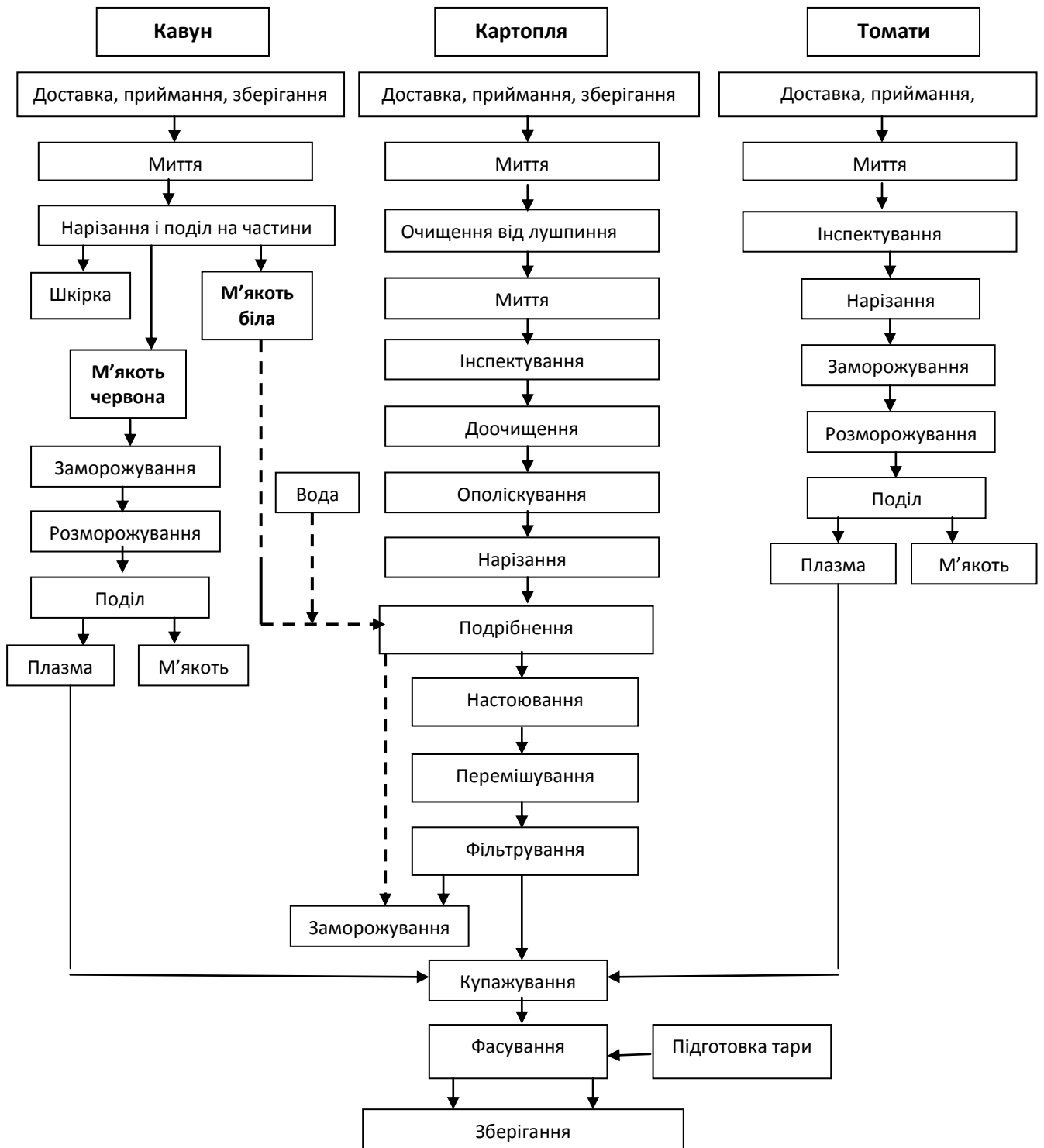


Рисунок 5.11 – Принципова схема виготовлення напоїв на основі картопляного соку ароматизованих плодовою плазмою, білою м'якоттю кавуна

Технологічним рішенням щодо використання білої м'якоти кавуна протягом року є заморожування тонкоподрібнених зразків у вигляді пюре або разом із підготовленим картопляним соком. Фасування таких порцій у форми для льоду буде корисним для споживання в літній період. Схема виготовлення ферментованих напоїв на основі картопляного соку наведена на рис.5.12.

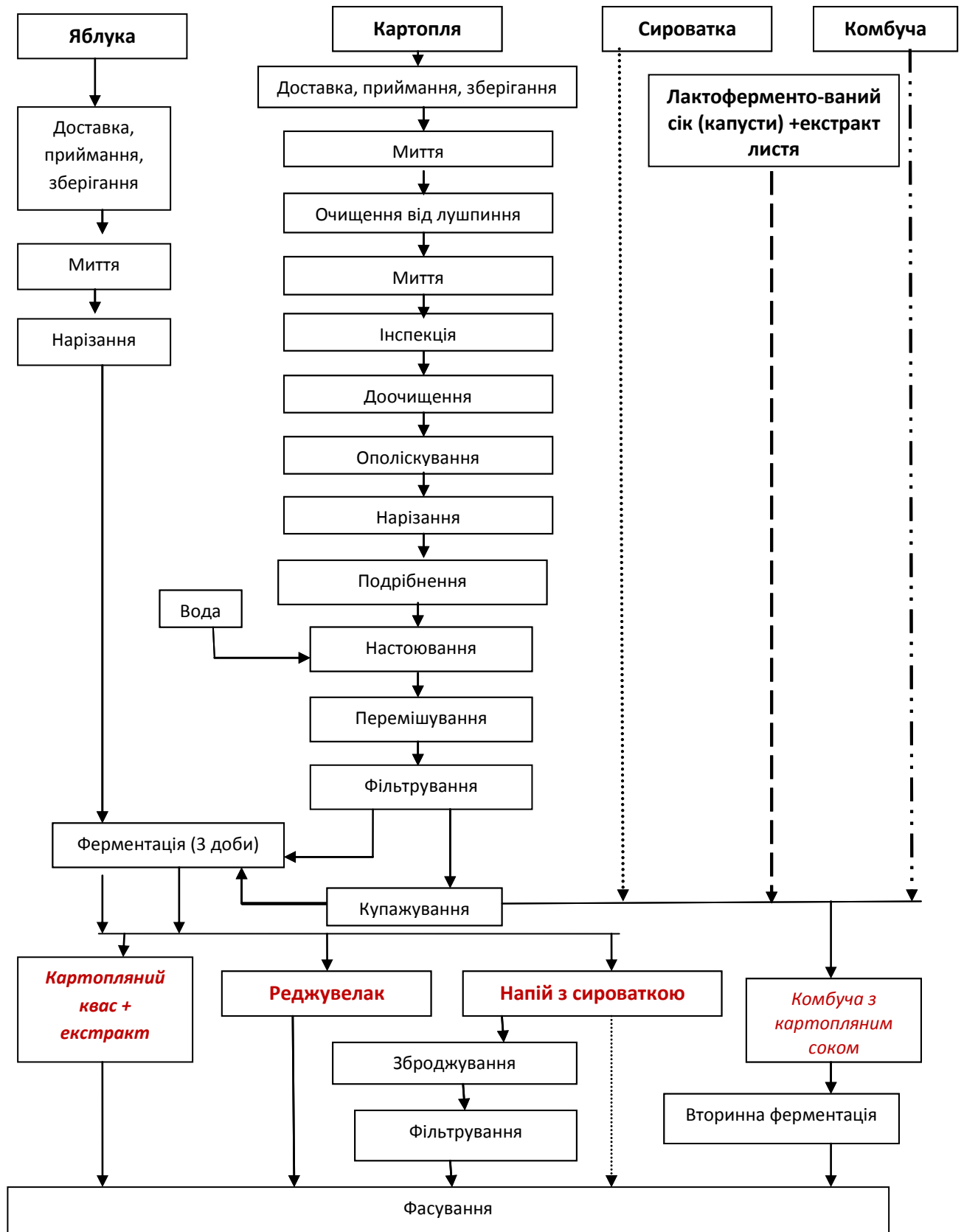


Рисунок 5.12 – Принципова схема виготовлення ферментованих напоїв на основі картопляного соку

Купажування картопляного соку з різними соками, які володіють

ароматичними властивостями, але не мають ліпоксигеназного шляху утворення аромату, призведе до нетривалого ефекту покращення аромату. Встановлено, що стійкість ароматів в зразках, їх інтенсивність пов'язана з дією ліпоксигенази картоплі і комплексом інших ферментів. Побічні продукти томатів, як плазма, наприклад, містять велику різноманітність біологічно активних речовин. Кавун є багатим джерелом цитруліну, амінокислоти, яка метаболізується в аргінін – умовно незамінна амінокислота для людини. Аргінін – азотистий субстрат, що використовується в синтезі оксиду азоту та відіграє важливу роль у серцево-судинних та імунних функціях. Концентрація аргініну в плазмі може бути збільшена за рахунок прийому цитруліну з кавуна [490]. Утворення кавунового аромату або томатного пов'язане саме з активністю ліпоксигеназ, тому була розглянута можливість застосування плазми цих плодів. Рекомендовано для ароматизації застосовувати плодovu плазму отриману шляхом заморожування, білу кавунову м'якоть подрібнювати разом із картоплею і заморожувати (табл.5.4).

Таблиця 5.4 – Рецептури картопляного напою*

Найменування сировини	Витрати сировини на 0,5 л	
	Брутто	Нетто
1	2	3
<i>Картопляний сік - напівфабрикат</i>		
Картопляна мезга	150	-
Вода питна	350	-
Картопляний сік-напівфабрикат	-	400
Вихід		400
<i>Напій з ароматом кавуна</i>		
Картопля підготовлена	150	-
Біла м'якоть кавуна	80	-
Вода питна	420	-
Напій з ароматом кавуна	-	500
Вихід		500
<i>Напій з кавуною плазмою</i>		
Картопляний сік - напівфабрикат	400	400
Червона м'якоть кавуна	200	-
Рослинна плазма кавунова	-	100
Напій з кавуною плазмою	-	500
Вихід		500
<i>Напій з плазмою томатів</i>		
Картопляний сік - напівфабрикат	400	400
Томатна пульпа	200	-

Продовження табл.5.4

1	2	3
Рослинна плазма томатна	-	100
Напій з плазмою томатів		500
Вихід		500
<i>Напій з фруктовим ароматом</i>		
Картопляний сік - напівфабрикат	350	350
Екстракт рослинний ароматичний	150	150
Напій ароматизований		500
Вихід		500

* для промислового виробництва напоїв використовуються бензоати з метою запобігання мікробіального псування в кількості 1000 мг/кг напою за ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014

Відсутність зміни кольору в купажах «картопляний сік-плодова плазма», «картопляний сік-рослинний екстракт», «сироватка-картопляний сік», «картопляний сік-лактоферментований сік», «картопляний сік з білою м'якоттю кавуна», «картопляний сік-комбуча», протягом зберігання 3-10 діб вказує на те, що ферментативні реакції потемніння картопляного соку гальмуються. Розроблення технології напоїв із соком сирої картоплі засноване на регулюванні ферментативних процесів, шляхом зниження рН (від 6,7 до 4,3) та неконкурентного інгібування. Для зниження рН картопляного соку використовували молочну сироватку, комбучу, лактоферментований сік капусти (рис.5.12). Завдяки своєму хімічному складу, а саме невеликому вмісту цукрів, сік сирої картоплі практично не піддається зброджуванню в чистому вигляді. Зброджування картопляного соку лактоферментованим соком капусти відбувалось протягом 3-4 діб, але напій мав виражений аромат і смак зброженого капустяного соку. Найбільш цікавим, з наукової точки зору, були біотехнологічні процеси в зразках картопляного соку з яблуками. Зброджування відбувалось набагато швидше, порівняно з іншими видами напоїв. Через 1,5-2 доби картопляний напій з яблуками мав добре виражену газацію, кислуватий смак, але аромат напоїв потребував корекції пряно-ароматичними домішками або ароматизаторами. Процеси, які відбуваються під час зброджування картопляного соку суттєво впливають на його колір та аромат: гальмується тенденція до потемніння, зникає сирий картопляний запах.

Напої з екстрактом ферментованого листя та соком картоплі були оцінені як задовільні, але на думку дегустаторів мали менш виразний смак, ніж напої з кавуною плазмою. Томатна плазма, на думку дегустаторів, у порівнянні з кавуною плазмою, мала менш інтенсивний і виразний аромат, але також була добрим варіантом для купажування за смаковими властивостями.

На перебіг ферментативних реакцій компонентів соку впливає зміна рН середовища, зв'язування поліфенолів картоплі білками сироватки, неконкурентне інгібування картопляних ліпоксигеназ плазмою кавуна і томатів. Впровадження розроблених рецептур запроваджено на ПрАТ «Полтавпиво» (додаток Л).

Реалізація запропонованого методу ароматизації може бути здійснена завдяки фасуванню з використанням автономного міксингу – оригінальної технології «Пуш-топ», що має світову новизну та представлена здоровими напоями в роздільній упаковці (автор-розробник С. В. Савинський [491]). Автономний міксинг ґрунтується на роздільному пакуванні компонентів напою в двохкамерній ємності. Відповідно фасування «Пуш-топ» дозволяє виправити втрату аромату і застосовувати верхню камеру для смакових добавок.

Для запровадження у виробництво відновлених ароматів з попередників розроблена концепція «Корисна їжа та задоволення» (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Концепція «Корисна їжа та задоволення»

Мета проекту (які завдання повинні бути виконані в процесі впровадження проекту)	Виробництво якісно нових дієтичних продуктів, які складаються з двох компонентів та мають покращені органолептичні властивості завдяки технології автономного фасування. Особливо це стосується корисних продуктів з капусти, гарбуза, кабачків, картоплі, які мають невиразні ароматичні компоненти та втрачають їх під час термообробки.
Сутність проекту (ідея проекту, як буде здійснюватися, загальна схема організації бізнесу, в чому особливості проекту в порівнянні з існуючими)	<p>Ідея проекту В основу проекту покладено комплексний підхід, оснований на теоретичному та експериментальному обґрунтуванні використання попередників аромату, що містяться в рослинній сировини задля збагачення ароматичного профілю корисних продуктів. Буде здійснюватися підприємствами харчової промисловості, закладами ресторанного господарства.</p> <p>Загальна схема організації бізнесу полягає у послідовному застосуванні термообробленої сировини, концентрованих природніх ароматизаторів або інших джерел ароматичних компонентів та подальшому інноваційному фасуванні.</p>

Продовження табл. 5.5

	Особливості проекту в порівнянні з існуючими Впровадження результатів дозволять розширити асортимент харчової продукції ароматизованої природним шляхом та підвищити якість життя людей
Хто ваші споживачі (образ покупця, його характеристика, кількість)	Люди, які певний або тривалий час вживають дієтичні продукти або мають одноманітне меню, внаслідок життєвих обставин: військові, літні люди, споживачі з хронічними захворюваннями або після хірургічних втручань, туристи, шанувальники їжі без харчових добавок.
Асортимент товарів/послуг (які товари будуть пропонувані на ринок, унікальність товарів/послуг)	Пюре гарбузове (гомогенізоване) з ароматом пелюстків троянд (або ароматом м'яса). Пюре кавунове (гомогенізоване) з ароматом свіжого кавуна. Пюре дині (гомогенізоване) з ароматом свіжої дині. Сік картоплі (для хворих на підвищену кислотність шлунку або виразкову хворобу) з концентрованим ароматом паростків пшениці. Сік паростків пшениці з ароматом свіжого огірка. Пюре з капусти (гомогенізоване) з ароматом свіжого огірка. Концентровані соки з відновленим свіжим ароматом. Пюре з суниці зі свіжим ароматом.
Майбутні постачальники товарів (сировини)	Українські фермери, заводи з переробки картоплі на крохмаль (постачальники картопляного соку).
Конкурентне середовище (скільки конкурентів, хто головні, в чому сильні та слабкі сторони конкурентів, в чому будуть переваги бізнесу перед конкурентами)	Сильні сторони конкурентів – багаторічний досвід використання ароматизаторів. Слабкі сторони конкурентів: - відсутність пропозицій для «відновлення свіжого аромату» замість традиційного внесення есенцій, - невідповідність аромату есенцій натуральному аромату плодів.
	Переваги перед конкурентами: - споживач ароматизує їжу самостійно на основі аромату рослинної сировини. Альтернатива за способом внесення в/на продукт, тобто можливе використання в салатах, до перших страв та ін.; - для продуктів зі зміненою рецептурою (без жиру, солі, цукру, або зі зниженим вмістом); - у рецептурі наявні продукти з вітаміном К (картопля), хлорофіл (для офісних робітників із дефіцитом кисню), лікопін (потужний антиоксидант, продовжує молодість); - розробка продуктів з «чистою етикеткою» (0% жиру, 0 % солі, 0 % цукру, 0 % барвників, 0 % ароматизаторів)

Перед споживанням продукту потрібно натиснути на верхівку ковпачка та зруйнувати мембрану між камерами пляшки, тоді екстракт рослинних ферментів і плодова суміш із попередниками аромату автономно перемішуються і перетворюються на готовий до споживання ароматизований продукт. При цьому

пляшка залишається герметично закупореною. Функціональна схема виробництва наведена на рис. 5.13. Розрахунки бізнес-показників при виробництві продукції, наведеної в табл. 5.5, виконані на період 5 років та доводять економічну ефективність запровадження технології (табл. 5.6). Прибуток від реалізації становить 538 тис.грн через 9 місяців, індекс прибутковості 12,16 при нульовій ставці дисконтування. За допомогою двохкамерного фасування можлива реалізація технології продукції із заданим ароматом. Наприклад, в термообробленому гарбузовому, кавуновому пюре без аромату формується аромат свіжих плодів або огірка, дині, овочевого міксу (рис.5.14).



Рисунок 5.13 – Функціональна схема технології переробки баштанних плодів

Таблиця 5.6 – Інтегральні показники проекту ароматизованих продуктів

Показник	Grivna
Ставка дисконтування, %	0,00
Період окупності - РВ, міс.	9
Період окупності з дисконтом - DPB, міс.	9
Середня норма рентабельності - ARR, %	243,26
Чистий приведений дохід - NPV	2 677 072
Індекс прибутковості - PI	12,16
Внутрішня норма рентабельності - IRR, %	441,70
Модифікована внутрішня норма рентабельності - MIRR, %	64,82

Отже, технологія ароматизованих продуктів з автономним міксінгом дозволяє

реалізувати ароматизацію харчової продукції безпосередньо перед споживанням.

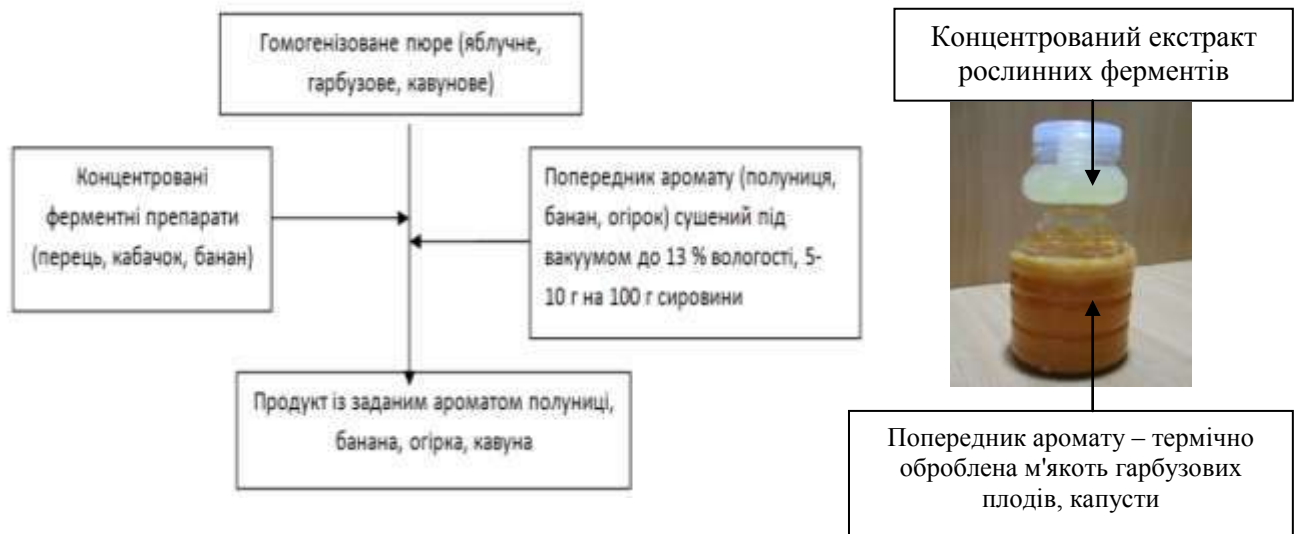


Рисунок 5.14 – Схема формування аромату пюре з рослинної сировини

Розроблена рецептура на виробництво цибулевого паштету. Схема виробництва паштету з цибулі наведена на рис.5.15, рецептура приготування в табл.5.7.

Таблиця 5.7 – Рецептури цибулевого паштету

Найменування сировини	Витрати сировини на 0,5 л	
	Брутто	Нетто
<i>Цибулеве пюре - напівфабрикат</i>		
Цибуля	330	290
Вода питна	350	-
Компоненти для деароматизації		
порошок гірчиці	30	-
імбир	10	10
чай чорний	50	-
Цибулеве пюре - напівфабрикат		300
Вихід		300
<i>Паштет цибулевий</i>		
Цибулеве пюре - напівфабрикат	300	300
Ядро соняшника	170	200
Вода питна	150	-
Паштет цибулевий	-	500
Вихід		500
<i>Паштет цибулевий</i>		
Цибуля	380	340
Вода питна	200	20
Ядро соняшника	100	120
Імбир	10	10
Порошок гірчиці	10	10
Паштет цибулевий	-	500
Вихід		500

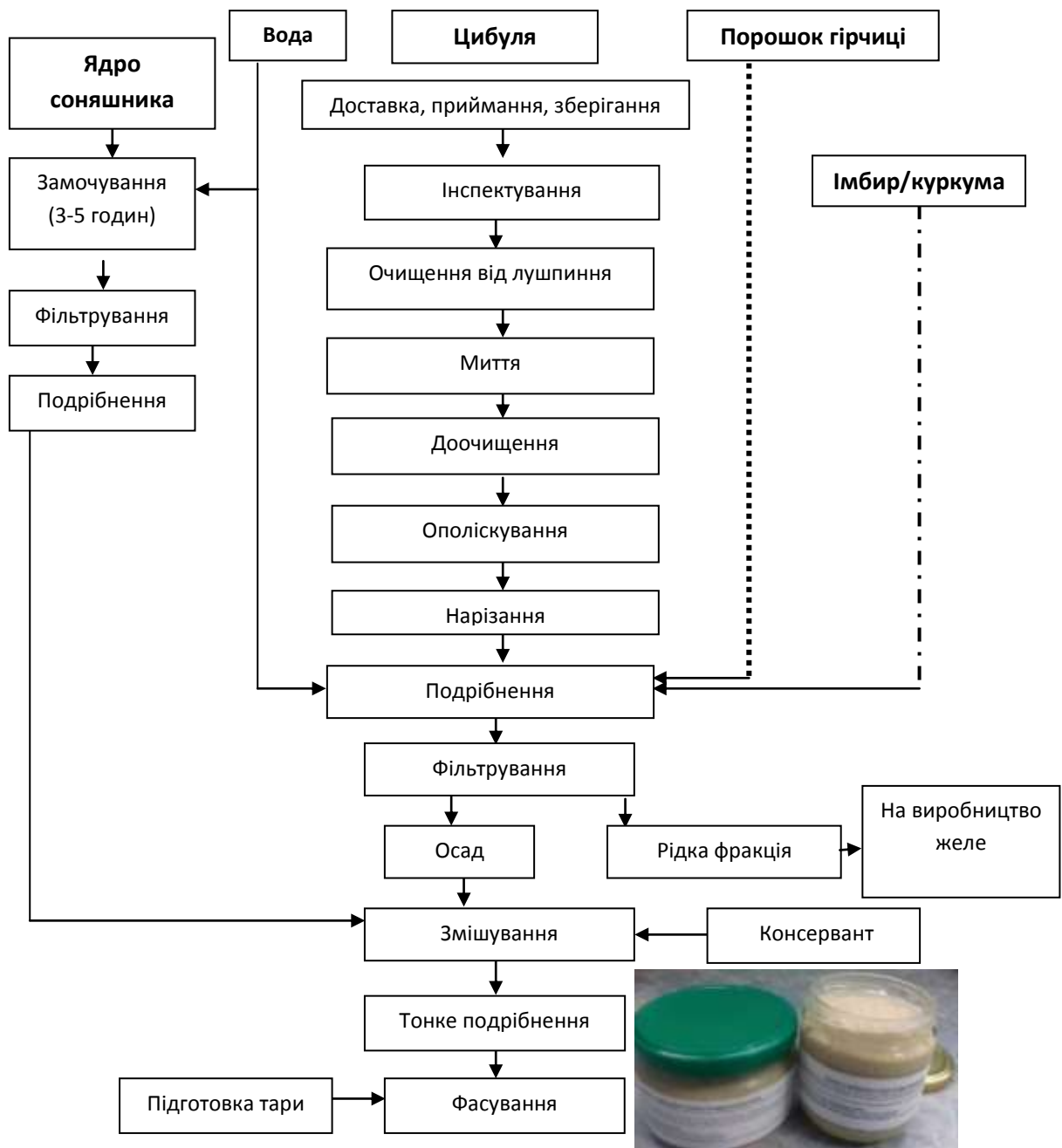


Рисунок 5.15 – Принципова схема технології виробництва паштету з цибулі

5.3 Розроблення технології емульсії на основі пророщеної пшениці

Серед відомих продуктів найбільш високим вмістом C_6 - C_9 карбонільних сполук характеризуються люцерна та зелені пагони пророщених зерен злаків – спраутс. Зі свіжого листя люцерни отримують сік – розчин хлорофілу, який висушують за спеціальною технологією і капсулюють. Відомо, що за біологічною цінністю 28 г соку з проростків пшениці відповідають 1 кг свіжих

овочів. Нами встановлено, що спраутс із пшениці, ячменю, вівса містить C_6 - C_9 карбонільних сполук у 5–8 разів більше, ніж яблучний, огірковий, гарбузовий соки. Маючи беззаперечну користь для здоров'я, високий вміст активного хлорофілу, заліза, спраутс і соки з нього малоапетитні через специфічний запах. Сильне переважання трав'янистих відтінків ускладнює процес вживання цих дієтичних продуктів. Кампанії, що спеціалізуються на випуску БАДів із пророщених злаків, вирішують проблему надлишку трав'янистих нот додаванням ароматизаторів, наприклад, м'ятної олії.

Для продуктів із пророщених зерен характерна ситуація, коли розведення у воді не приносить бажаного ефекту зменшення трав'янистого запаху. Це пояснюється тим, що ліпофільний склад аромату внаслідок невеликої розчинності у водній фазі максимально розподіляється в повітрі [492]. Знизити концентрацію C_6 - C_9 карбонільних сполук у повітряній фазі можна, якщо враховувати здатність цих компонентів розчинятися в жирах і подібність їх коефіцієнта поділу в системі вода : олія. Ці особливості були використані нами для приготування ароматизованих емульсій для салатів із використанням пророщених зерен (мікрозелені) із застосуванням спеціальних пристроїв для закладів ресторанного господарства [493].

Нами встановлено, що на 11–12 добу пророщування довжина проростків пшениці становить майже 8 см і містить максимальну для усього періоду зростання кількість хлорофілів і C_6 - C_9 карбонільних сполук. Подрібнені проростки цього періоду є гомогенним дисперсним середовищем, стійким до розшарування завдяки достатньому вмісту загальних ліпідів, фосфоліпідів і вільних жирних кислот. Дезодоровану олію (кукурудзяну, соняшникову, соєву) змішували з подрібненою пророщеною масою у різному співвідношенні, оцінювали органолептичні показники. Дегустаційна комісія констатувала, що інтенсивність трав'яного запаху в суміші зменшується пропорційно кількості олії. Залишкові «зелені» ноти та відповідне забарвлення гармонійно поєднувались у співвідношенні (проростки : олія) від 1 : 1 до 1 : 4. Термін зберігання такої суміші невеликий – до декількох діб.

Хлорофіл як природний, так і промисловий, часто розглядають у зв'язку з його антиокиснюючою здатністю. Однак є чинники, що сприяють протіканню ліпідних окиснювальних реакцій, у яких хлорофіл і його похідне – феофітин виступають прооксидантами. Зокрема, хлорофіл може діяти як барвник, утворюючи синглетний кисень – прооксидант окиснювальних реакцій ПНЖК. Залізо та мідь у складі хлорофілів і спраутс прискорюють окиснення ліпідів, стимулюючи розкладання гідропероксидів. Дію цих чинників усувають попереднім бланшуванням рослинної сировини перед основною переробкою. Але гідроліз рослинних ліпідів під час бланшування і підвищення кислотності сприяє деградації хлорофілу до феофітину та прояву окиснювальних властивостей останнього.

Вміст загальних ліпідів у пророщених злаках після 15 діб пророщування знижується, аромати накопичуються переважно в твердому залишку. Це пояснюється тим, що в міру проростання відбувається значний перерозподіл складу жирних кислот, про що свідчить йодне число зразків. Основні перетворення ароматів після 15 діб пророщування злаків протікають за участю гідропероксид ліаз, що зосереджені в клітинних мембранах. Органолептична оцінка свідчила, що сік, отриманий з проростків після 15 діб пророщування, містить ледь вловимі ароматичні компоненти, що не мають достатньої здатності до розчинення в олії. Однак у воді, фруктових і овочевих соках, здобі, маргарині пророщені злаки надають свіжий аромат. Внесення невеликої кількості соку пророслих злаків в овочево термооброблене пюре помітно покращує його ароматичний профіль шляхом відновлення специфічних рослинних нот. Продукти з кислим середовищем сприяють здійсненню реакції розщеплення хлорофілу й утворення феофетину. Ця реакція супроводжується зміною кольору (від зеленого до оливкового), що звужує сферу застосування ароматизованих добавок, які містять хлорофіл.

Розглядаючи відновлення втрачених запахів у консервованих, висушених продуктах як ферментативний процес, доцільно враховувати окиснювальні процеси в ліпідних компонентах. У деяких випадках перебіг перерахованих вище

окиснювальних процесів, їх швидкість, невеликий період фази розвитку окиснення могли б сприяти відновленню втрачених свіжих ароматів. Наприклад, у свіжих кавунах, гарбузах C_6 -альдегіди та похідні від них спирти переважають з-поміж 30 ароматичних компонентів, а під час термообробки руйнуються в першу чергу [314, 315, 325, 330, 331, 338]. Відновлення цих компонентів полягає у блокуванні антиокисних властивостей каротину, додаванні шроту соєвих бобів з окисненими ПНЖК, ліпоксигеназ, гідропероксид ліаз і здійсненні ферментативних реакцій з їх участю.

Попередніми дослідженнями встановлено, що проростки пшениці, на відміну від проростків ячменю та вівса, містять хлорофілу на 45 % більше. Паростки подрібнили до стану полідисперсної емульсії для визначення мікроструктури (рис. 5.16). Мікроскопіювання зразків із паростків різного терміну пророщування показало, що зі збільшенням терміну зростає кількість вуглеводів клітинних стінок – целюлози, геміцелюлоз і лігніну.

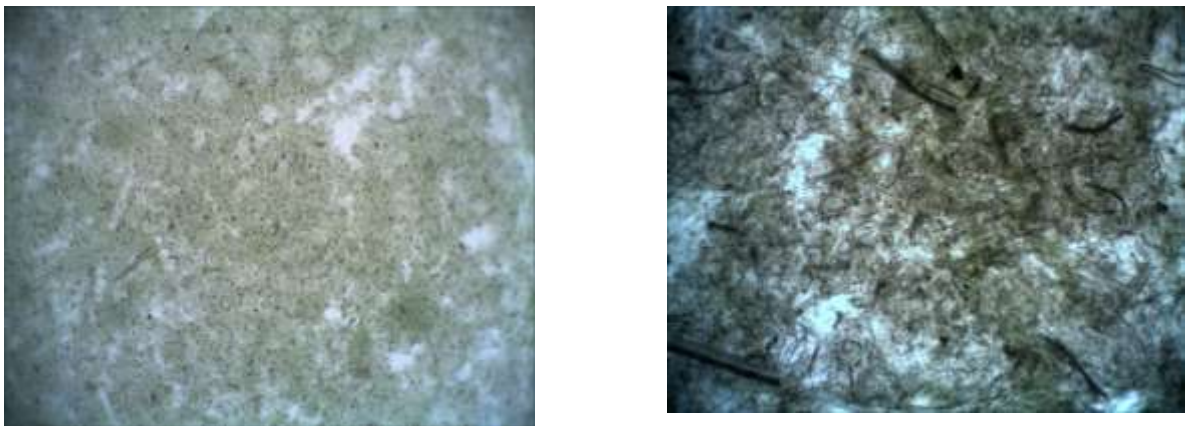


Рисунок 5.17 – Мікроструктура паростків різного терміну пророщування:
а) до 11-ти діб пророщування; б) більше 15-ти діб пророщування

Подрібнені проростки 11 діб пророщування утворюють стійку до розшарування полідисперсну систему. Під час центрифугування такої системи від 2000 до 5000 об/хв розшарування не відбувається. Седиментаційною стійкістю характеризуються також і продукти, до яких була введена однорідна тонкодисперсна маса зелених проростків. У зв'язку з цим була розроблена схема приготування ароматизованої емульсії «Хвиля свіжості» (рис. 5.17).

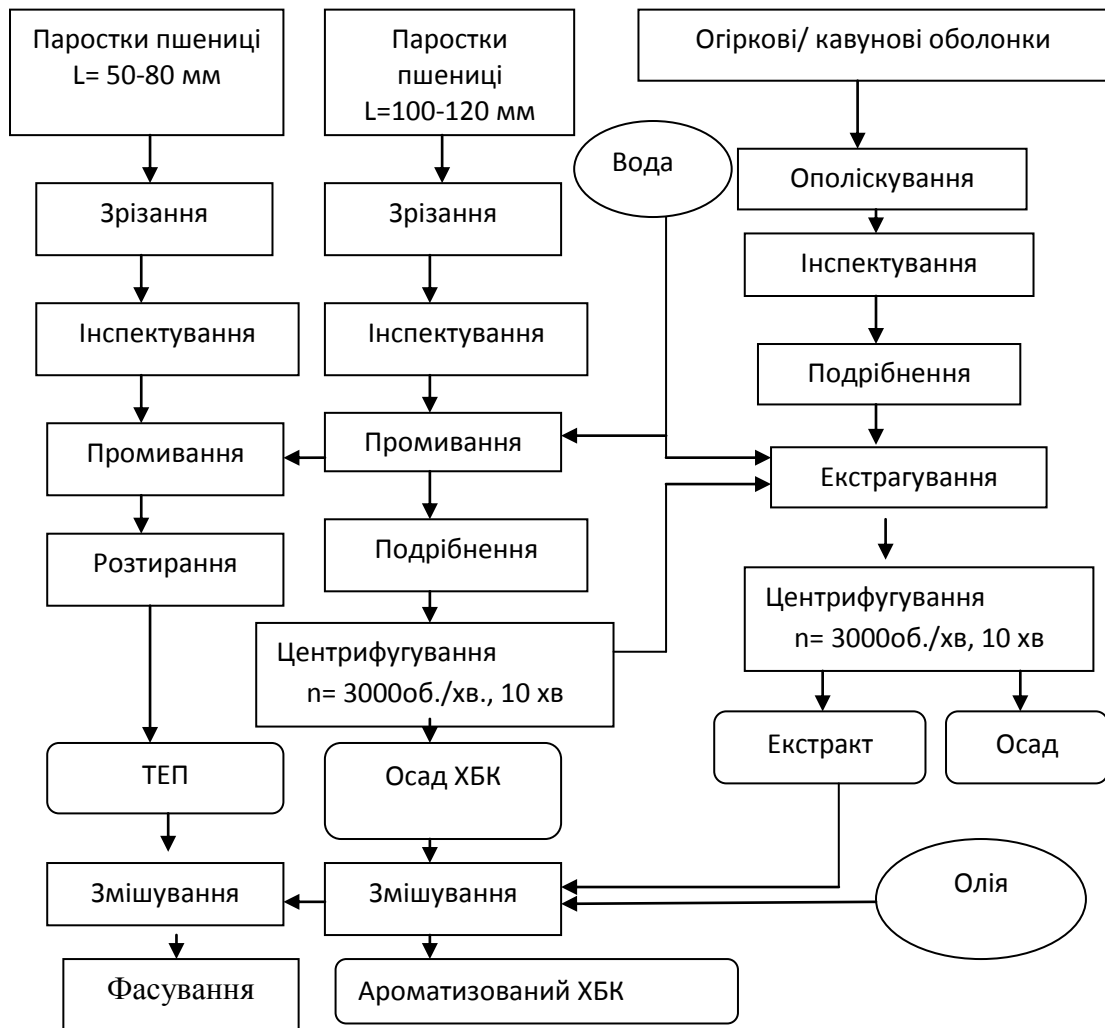


Рисунок 5.17 – Схема виготовлення ароматизованої емульсії «Хвиля свіжості»

У зв'язку з цим паростки після 15-ти днів пророщування подрібнювали з водою (20 % від маси сировини) та центрифугували за $n = 3000$ об/хв. Отримали два продукти: ХБК із трав'яним запахом (твердий залишок) і плазму.

З паростків пшениці від 11 до 15 днів пророщування виготовляли хлорофіл-білковий комплекс (ХБК), який при поєднанні з екстрактом насіння утворював ароматичний комплекс. У технології використовували тонкоподрібнену емульсію паростків (ТЕП), отриману із молодих паростків до 11-ти днів пророщування, паростки довжиною 10–12 см, пророщені протягом від 12-ти до 15-ти днів, олію соняшникову рафіновану, дезодоровану. Шляхи перетворень ліпідів в ароматичні речовини залежать від спільної дії ферментів, їх

специфічності, а також прооксидантів і відносної кількості допоміжних компонентів. Основними леткими сполуками самоокиснення жирів є альдегіди та кетони, які можуть давати за високих концентрацій відштовхуючий запах і побічні присмаки в харчових продуктах. Разом з тим, у результаті окиснювальних реакцій ліпідів продукується такий набір карбонільних сполук, який у певній концентрації надає свіжий запах продукту або здатний відновлювати його.

Поєднання ТЕП із ароматизованим ХБК, та олією дає тонкодисперсну емульсію зеленого кольору з приємним ароматом і рівномірно розподіленими крапельками жиру в усій системі. Процес утворення аромату ґрунтується на тому, що у складі клітин зелених паростків пшениці міститься хлорофіл-білково-ліпідний комплекс, що виступає попередником та активатором утворення аромату. Під впливом ферментів ліпіди розпадаються на складові (спирти, альдегіди, кетони), що є носіями аромату. Картка виробництва натуральної ароматизованої емульсії «Хвиля свіжості» подана у табл. 5.8. Стравами-аналогами обрано сиркову масу із зеленою цибулею № 483 для приготування закуски «Весняний подих», сир кисломолочний зі свіжою зеленню № 489 для приготування закуски «Вітамінна» та заправку для салату № 895 для приготування заправки «Фреш-мікс».

Таблиця 5.8 – Технологічна картка емульсії «Хвиля свіжості»

Назва сировини	Брутто, г	Нетто, г
ТЕП	40,0	39,0
Ароматизований ХБК	20,0	19,0
Екстракт	24,0	23,0
Олія	20,0	19,0
Вихід	–	100

Розроблено технологічні картки закусок і заправки для салату та схема приготування закусок (табл. 5.9–5.11, рис. 5.18).

Закуска «Весняний подих»: сир кисломолочний ретельно перетирали з додаванням солі (1 г на 100 г сиру), змішували із дрібно нарізаною зеленою

цибулею. Потім перемішували з частиною сметани й емульсією «Хвиля свіжості».

Таблиця 5.9 – Технологічна картка закуски «Весняний подих»

Назва сировини	Брутто, г	Нетто, г
Сир кисломолочний (4 % жиру)	68,0	67,0
Цибуля зелена (перо)	10,0	7,5
Сметана	8,0	7,0
Емульсія «Хвиля свіжості»	19,0	18,0
Сіль	0,5	0,5
Вихід	–	100

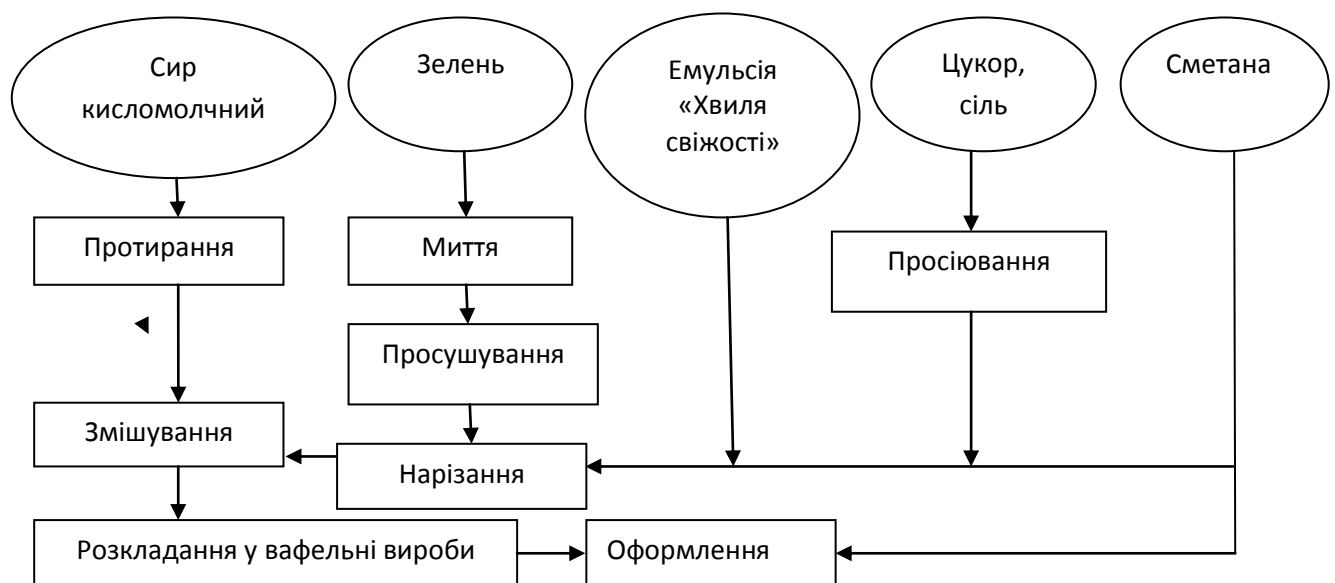


Рисунок 5.18 – Схема приготування закусок «Вітамінна» та «Весняний подих»

Подають у вафельних кошиках, які наповнюють сирковою масою із заглибленням посередині та наповнюють сметаною.

Таблиця 5.10 – Технологічна картка закуски «Вітамінна»

Назва сировини	Брутто, г	Нетто, г
Сир кисломолочний (4 % жиру)	65	64
Петрушка, рукола	10	8
Цукор	3	3
Сметана	13	12
Емульсія «Хвиля свіжості»	14	13
Вихід	–	100

Закуска «Вітамінна»: сир кисломолочний перетирають, додають цукор. Зелень петрушки, руколи мють, просушують та дрібно нарізають. Сиркову масу

змішують із зеленню, додають емульсію «Хвиля свіжості» та викладають у волавини з листкового тіста чи вафельні вироби гіркою.

Таблиця 5.11 – Технологічна картка заправки для салату «Фреш-мікс»

Назва сировини	Брутто, г	Нетто, г
Олія соняшникова	20,0	20,0
Оцет 3 %	6,0	6,0
Цукор	5,0	5,0
Перець чорний молотий	2,0	2,0
Емульсія «Хвиля свіжості»	50,0	47,0
Білок яєць	23,0	20,0
Вихід	–	100

Приготування заправки для салатів «Фреш-мікс»: емульсію «Хвиля свіжості» змішують з олією, ретельно перемішуючи, додають оцет, сіль, перець чорний молотий, цукор. Окремо збивають білок і вводять, перемішуючи, у попередньо отриману суміш.

Найкращим способом збереження цілющих властивостей паростків є їх використання у цілому вигляді на 7–11-ту добу пророщування як ТЕП. Зерно пророщене з 11-ти до 15-ти діб є джерелом ХБК. Встановлена властивість ХБК утворювати стійкі ароматичні сполуки внаслідок дії ліполітичних ферментів виноградного насіння. Поєднання ХБК і ТЕП утворює комплекс яскраво-зеленого забарвлення та приємного аромату.

Паростки пшениці є перспективним джерелом фітонутрієнтів, які зазвичай вилучають для подальшого використання. Вони корисні для шлунково-кишкового тракту, мають протизапальні, антигіпертензивні, серцево-захисні, нейрозахисні та протиракові властивості [494, 495]. Методи вилучення фітонутрієнтів з паростків пшениці удосконалюються, а технології використання безпосередньо паростків обмежені тільки отриманням соку. Тому розроблена емульсія «Хвиля свіжості» має перспективи для подальшого застосування в заправках для салату, закусках та інших стравах. Апробація роботи проведена в кафе «У Танюші» (м. Хорол) (додаток И), де використовували емульсію «Хвиля свіжості» та продукти з її додаванням. Результати апробації отримали схвалення фахівців і споживачів.

5.4 Розроблення технології отримання та практичного використання рідких ароматизаторів

Передумовою для розробки технології уловлювання ароматичних компонентів під час сушіння стали роботи німецьких учених, які використовували конденсат після випікання хліба [4]. Під час випікання конденсат аромату хліба збирали для використання при ароматизації хлібобулочних виробів дієтичного призначення. Незважаючи на успішність такого рішення, кількість зібраного конденсату була недостатньою для ароматизації однієї партії виробів. Нині водяні пари збирають у процесі теплового вакуумного концентрування рідких і пастоподібних продуктів (соків, пюре), вакуумного сушіння продуктів перегрітою парою [94]. Вловлений конденсат концентрують для подальшого використання як ароматизатора. Залежно від обсягів сировини, що переробляється, кількість концентрованого аромату може становити до кількох кілограмів, тому для їх консервації та зберігання використовують спирти, бензоати, кислоти та ін. У промислових установках МВС водяна пара з ароматичними компонентами практично не уловлюється (розділ 1.7), у тому числі й через її невелику кількість по відношенню до кількості вихідної сировини.

Уявлення про низьку кількість вихідних ароматичних речовин і відсутність достатніх відомостей про їх склад не передбачають уловлювання ароматичних компонентів із парів у таких МВС установках, як: MIVAP [96], що використовується для крихких, ніжних овочів, фруктів, ягід, м'яса та концентрованих супів, «Арабис», АСТ-4 [97], гігаваки (використовувались в СРСР) і їх модифікації, MVD-6000 (Microwave Vacuum Dryer, рис. 5.20), що призначена для сушіння овочів, фруктів і трав.

Реалізація результатів досліджень:

- використання (замість ексикатора) на лінії виходу парів мембрани на основі нанокомпозиційних матеріалів для поділу газів (аналогічно до процесу

первапарації, коли виділяється цільовий ароматичний компонент із рідини) (рис. 5.19, поз. 1, поз. 2);

- на магістралі «до вакуумного насоса» передбачено використання вставки-конденсатора (рис. 5.19, поз. 1), зануреної у сухий лід, і краплевлочувача. Для отримання нехарчового (побутового) ароматизатора ексікатор необхідно замінити вставкою, наповненою сульфатом магнію, який адсорбує ароматичні компоненти та зневоднює повітряні потоки з МВС. Залежно від конструкції МВС варіанти пристроїв для уловлювання конденсату можуть бути різні [496]. Детальне опрацювання уловлювання ароматичних компонентів під час сушіння у МВ полі можливе за умови спільного проектування з інженерами-механіками.

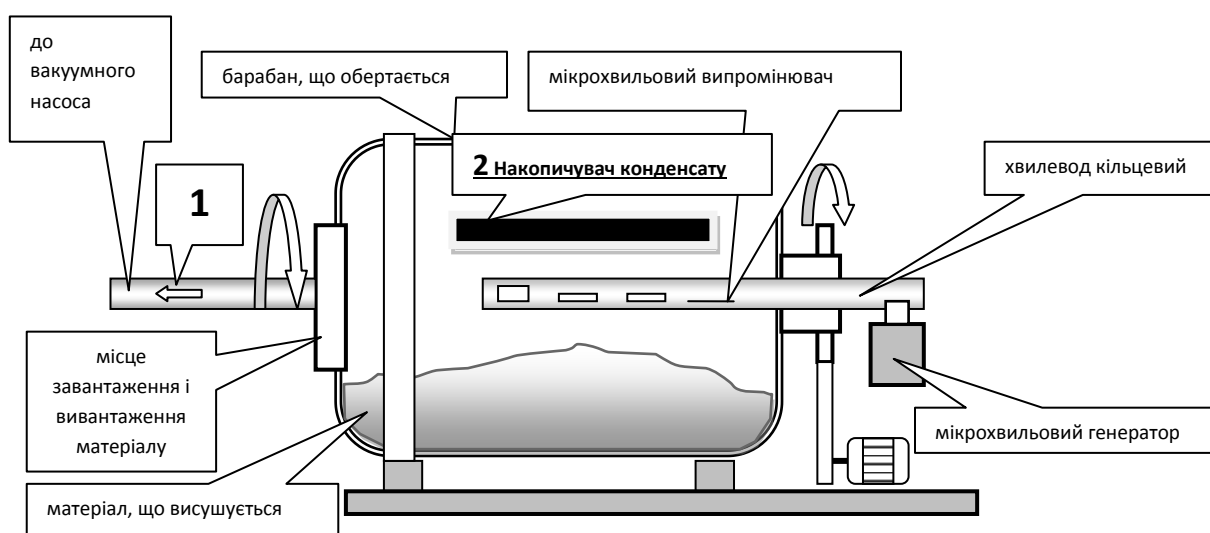


Рисунок 5.19 – Схема типової промислової мікрохвильової вакуумної сушарки [496]

Уловлювач конденсату може бути розміщений (рис. 5.19, поз. 2) у машинно-апаратному оформленні камери, виконаний із поліпропілену (матеріал не нагрівається в МВ полі), прикріплюється до корпусу мікрохвильового випромінювача або встановлюється на виході трубопроводу до вакуумного насоса. Ефективність виділення і якість отриманих ароматичних дистилатів залежить від певних стереохімічних положень, що враховано в представленому дослідженні. У розробленій технології використовується як готовий продукт конденсат і висушений продукт (рис. 5.20).

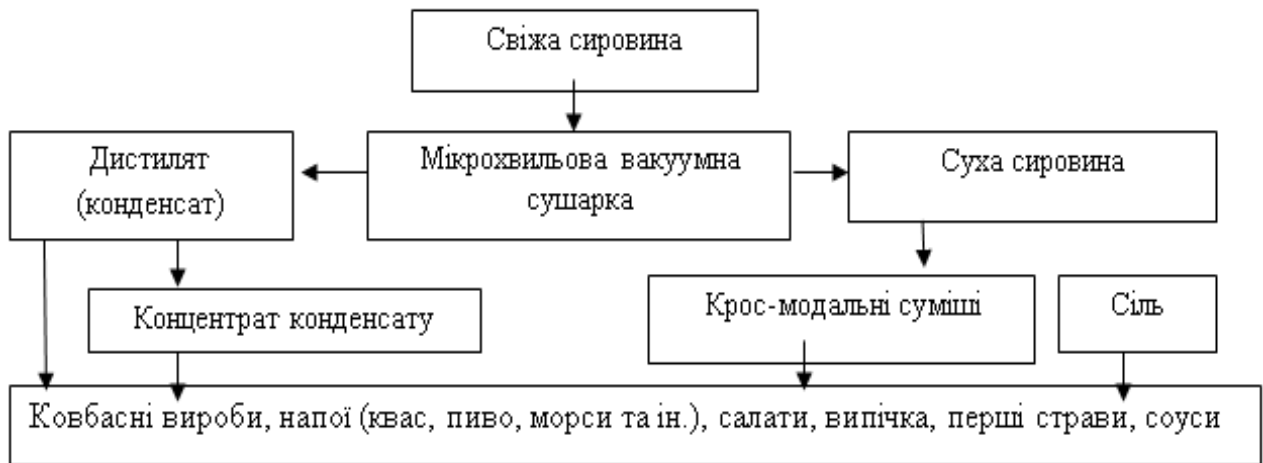


Рисунок 5.20 – Схема використання продуктів оброблених у МВС

Відмінності рідких ароматизаторів, отриманих з урахуванням реакцій попередників: дистиляти (рідкі ароматизатори або ароматичні концентрати) – рідина з концентрованим ароматом, що містить у декілька разів більше ароматичних речовин, ніж у початковому продукті. Як було зазначено вище, рідкі ароматизатори, отримані з урахуванням реакцій попередників, мають певні відмінності від промислових. Найчастіше рідкі ароматизатори отримують під час уловлювання рідкої фази при концентруванні плодкових соків і пюре. Розроблено технології отримання ароматичних концентратів не лише з соків, а й із плодкових вичавків у декілька етапів. Плодово-ягідні вичавки піддають деароматизації для переведення їх летких фракцій у дистиляти у випарному вакуум-апараті. Процес отримання концентрованих ароматів залежить від характеристик вичавків (за кислотним показником, вмістом спирту, ознаками запліснявіння) і правильного підбору режимів їх обробки. Дистиляти є розчинами нестійкими, в яких швидко відбуваються небажані якісні зміни, тому їх переробляють на концентрат шляхом фракційної перегонки безпосередньо після закінчення деароматизації вичавків. Цей процес супроводжується значними втратами компонентів аромату та передбачає використання пасток і ретельного органолептичного дослідження кінцевого продукту [497].

Після завантаження в екстрактори вичавки заливаються водою і пропарюють. Співвідношення сировини та води, режим пропарювання

підбираються під певний вид вичавків, міру їх вологості та передбачувану тривалість процесу. Враховуючи розведення вичавок водою, складно визначити необхідну міру випарювання, що відображається на кінцевих показниках якості та собівартості ароматизаторів [498]. Іншою особливістю термічно оброблених плодкових вичавок є фактична відсутність ефірів, окрім етилацетату. Тому нами проведені дослідження, альтернативні вищезазначеним способам, стосовно використання МВС для отримання ароматичних дистилятів із впливом на попередники аромату.

Загалом під час теплової обробки листя горіхів, перцю, огіркові шкірки втрачають притаманний їм GLVs профіль. Дистилят, що утворюється під час зневоднення сировини є накопичувачем летких компонентів, виділених із сировини у повітряний простір [499, 500]. Особливість дистилятів – ароматичні компоненти не руйнуються за умови подальшого нагрівання, можуть лише частково випаровуватися, зручні в застосуванні, не вимагають додаткової стерилізації або використання консервантів. Для об'єктивного аналізу процесів впливу на попередники та відповідні зміни аромату нами досліджений баланс загального вмісту АК безпосередньо в дистиляті та сировині: свіжій, зі зміненим рН, замороженій (-18°C), зневодненій у МВС і в природних умовах. За вмістом ефірних олій сировина була підібрана наступним чином: огіркові вичавки < листя перцю < листя горіха < базилік. У МВС сировину закладали подрібненою у вигляді смужок 10–15 мм, вичавки огірків – без додаткового подрібнення. Тривалість висушування свіжого листя до вологості 15–20 % становила 12–14 хв, огіркових вичавків – 17–20 хв. Глибину розрідження регулювали в діапазоні 30, 40, 50 кПа (табл.5.12).

Безпечний для термолабільних ферментів температурний рівень, притаманний НВЧ-нагріванню з розрідженням, забезпечується за рахунок низького тиску у вакуумі. Інтенсивність НВЧ сушіння з розрідженням залежить головним чином від енергії поля та розрідження в камері [501], тому глибину розрідження розглядали як чинник впливу на доступність попередників до реакцій

ароматоутворення. Крім того, досліджено вплив зміни рН середовища як можливого фактора керування ароматоутворенням.

Таблиця 5.12 - Зміна числа аромату в сировині та дистилятах, мг $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/10$ г

Назва зразків	Вичавки з огірків		Листя перцю		Листя горіха		Базилік	
	сухий залишок	дистилят	сухий залишок	дистилят	сухий залишок	дистилят	сухий залишок	дистилят
Свіжа сировина, висушена за тиском	<u>6,2</u>	<u>10,0</u>	<u>4,0</u>	<u>9,2</u>	<u>5,6</u>	<u>8,0</u>	<u>6,5</u>	<u>13,0</u>
	5,7	9,0	3,3	8,8	5,0	7,5	6,5	12,2
	5,5	8,2	3,5	8,5	4,8	7,3	6,3	12,2
Сировина, висушена природним способом (контроль)	5,0	–	5,5	–	4,5	–	5,3	–
Заморожена сировина (висушування за 30 кПа)	5,8	11,5	4,2	9,8	5,8	8,9	6,7	13,4
Сировина, оброблена лужним розчином рН = 9	3,8	3,9	2,8	2,4	3,3	6,5	3,0	3,4
Сировина, оброблена кислотним розчином рН = 3,5	3,5	3,5	2,5	2,6	3,3	6,6	3,0	3,9

Примітка: похибка не перевищує 5 %

Обробка при розрідженні 30 кПа дозволяла одночасно збільшити вміст АР як у сухому залишку, так і в дистиляті. При глибині розрідження 50 кПа і 40 кПа вихід ароматичних речовин зменшувався, порівняно з 30 кПа, але не істотно – в сухому залишку та дистиляті число аромату зменшується на 0,5-0,8 мл/10 г. Як видно з табл. 5.11, збільшення числа аромату в дистиляті на 0,2-1,5 мл/10 г відбувається в замороженій сировині, що вказує на активацію внутрішньоклітинних процесів. У сировині, висушеній природнім шляхом, вміст АР зменшується на 1,2-1,5 мл/10 г. Під час обробки сировини лужним розчином відзначалося погіршення якості дистилятів, формування неприродних ароматів. Вихід ароматичних компонентів і якісний склад дистилятів під час кислотної обробки сировини, як і за лужною обробкою, має низькі значення. Сухий залишок та дистилят відрізняються не природними ароматами. Це свідчить про

припинення ферментативних процесів у сировині з низьким значенням рН і, навпаки, активізацію внутрішньоклітинних ферментів із природним значенням рН сировини.

Збільшення числа аромату в конденсаті при МВС пояснюється утворенням нових ароматичних речовин, оскільки в сировині містяться попередники летких сполук і активуються ферменти, необхідні для реакції утворення ароматичних компонентів. Активація ароматотвірних ферментів відбувається за умови: температура процесу 40 ± 2 °С, тиск 30 кПа. Подібні результати були отримані під час дослідження підсушування пряно-ароматичної сировини у вакуумній НВЧ-сушарці перед CO_2 -екстрагуванням [502].

Лабораторні дистиляти характеризуються фізико-хімічними властивостями: світла, прозора, злегка жовтувата рідина, рН 5,0, питома вага 0,833–0,915, добре розчинні в спирті й інших органічних розчинниках. Вміст розчинних сухих речовин у конденсаті знаходиться в межах 0,1 %. У герметично закупореній тарі вони можуть зберігатися за температури + 4 °С протягом трьох місяців, залишаються стійкими до мікробіального псування, аромат стійкий протягом усього періоду зберігання. Отримані дистиляти ароматів, що виготовлені з рослинної сировини, за органолептичними показниками подібні до аромату початкової сировини.

Фізико-хімічні показники та сенсорна оцінка дистилятів є важливими показниками процесів виробництва дистилятів [503]. З метою встановлення відмінностей властивостей дистилятів, отриманих у різних умовах були досліджені дистиляти з гарбузових плодів (додаток Д5). Легколеткі компоненти дині й огірка (а також їх вичавків) представлені в основному ефірами, спиртами, альдегідами, кислотами, які при перегонці переходять у дистилят. У результаті конденсації альдегіди, спирти, кислоти розчиняються, а складні ефіри, лактони, прості діефіри гідратів альдегідів (ацеталі) в отриманих дистилятах знаходяться у вигляді нерозчинних мікрочасток. Ці мікрочастки розчинні в спиртах, органічних розчинниках, а у водному середовищі створюють певну дисперсність.

Число атомів вуглецю в нерозчинних мікрочастках впливає на їх молекулярну вагу, розмір і запах, що може служити певним ідентифікатором у дослідженнях. Визначення розмірів складних ефірів і ацеталів у дистилятах – перспективний напрям в аналізі процесів утворення ароматичних компонентів з прекурорів.

Запах складних ефірів, ацеталів і лактонів залежить від числа атомів вуглецю в початкових сполуках. Аліфатичні складні ефіри в різних комбінаціях відіграють важливу роль у багатьох фруктових ароматах і, крім того, є носіями квітково-плодового, карамелевого ароматів та різноманітних відтінків: яблучного, полуничного, грушевого, ананасного та ін. [504]. У дистиляті дині основними компонентами аромату є складні ефіри гексилотаноат гексилацетат, пропілацетат, етилбутират [505].

Основними компонентами запаху огірка є водорозчинні альдегіди (E, Z)-2,6-нонадієналь і (E)-2-ноненаль [506]. Альдегіди є дуже реакційними компонентами і зі спиртами створюють сильний аромат свіжих плодів, зелені, свіжоскошеної трави [148, 507]. Водночас у запаху свіжоскошеної трави, на частку складного ефіру (цис-3-гексенілацетат) припадає майже 40 % від загального числа ароматичних компонентів. Нерозчинні ацеталі, характерні для запаху огірка, представлені (E, Z)-2,6-нонадієналь диетил ацеталь, ді-(Z)-3-гексен-1-іл ацеталь [508]. Ароматичний відтінок огірковим дистилятам надають нерозчинний складний ефір етіл 3-(метілтіо)пропіонат і дивінілові ефіри ПНЖК.

Дослідження дистилятів плодів огірка та дині при конвективній перегонці показало наявність нерозчинних у воді часток з різним гідродинамічним діаметром (рис. 5.21). Молекулярна вага ацеталів у дистиляті огірка в середньому дещо більша, ніж складних ефірів у дині, що відобразилось у характеристиці полідисперсного індексу часток. В огірковому дистиляті гідродинамічний діаметр часток – 336 ± 36 нм із полідисперсністю $0,436 \pm 0,083$.

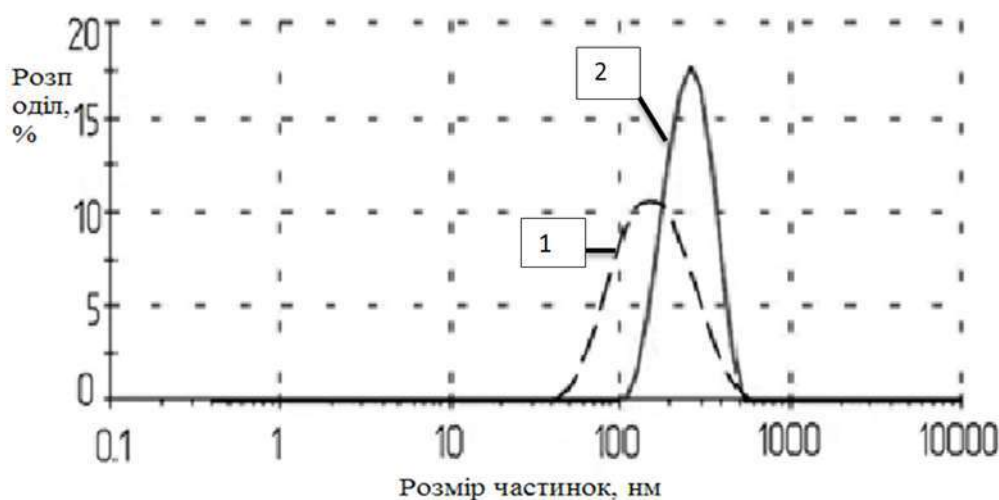


Рисунок 5.21 – Розподіл часток лабораторних дистилатів (1 – динного, 2 – огіркового) за розмірами

У дистилаті дині складні ефіри з розмірами часток 153 ± 2 нм і полідисперсністю $0,211 \pm 0,022$. Молекулярна вага ацеталів (E, Z)-2,6-нонадіеналь диетил ацеталь, ді-(Z)-3-гексен-1-іл ацеталь становить 212,3 і 226,4, відповідно, а складних ефірів у дині – в середньому 118,2 [504]. Унаслідок більш високої молекулярної маси більшість ацеталів мають незначний запах або не мають запаху. Інтенсивність аромату в динному дистилаті була вища, ніж в огірковому, що відповідає різниці їх PI. Необхідно зазначити, що залежно від сорту, місця зростання, стадії зрілості, умов зберігання та інших чинників чисельні значення гідродинамічного діаметра в огірковому та динному дистилаті можуть набувати інших значень, відмінних від вищезгаданих. При тому, що описані взаємозв'язки залишаються аналогічними.

Установлено, що за багаторазового повторення вимірів гідродинамічного діаметра часток у дистилатах спостерігається не один, а декілька піків і, відповідно, різні значення: 200 нм, 300 нм, 400 нм і 600 нм. Це свідчить, швидше за все, що мікрочастки мають неправильну форму у вигляді крапель або міцел. Вивчення поведінки мікрочасток при розведенні у воді та спирті підтверджують припущення про краплеподібну структуру часток і гідрофобну природу. Наприклад, перемішування огіркового дистилату на магнітній мішалці призводить до зміни гідродинамічного розміру від 456 ± 121 нм та PI

$0,546 \pm 0,058$ до 273 ± 18 нм та $PI\ 0,454 \pm 0,049$. Ці зміни є результатом міжмолекулярних взаємодій, тому залежать на молекулярному рівні від поведінки розчиненої речовини.

На підставі органолептичного аналізу порівняння ароматичного профілю дистилатів і промислового ароматизатора дині показало максимальне наближення лабораторних зразків до свіжої, натуральної сировини. Відмінності в сенсорній характеристиці певною мірою підтверджуються і відмінностями усередненого гідродинамічного діаметра зразків: 150 нм і 190 нм, відповідно, в лабораторному та промисловому.

За проведеними нами дослідженнями перевагою технології отримання ароматизаторів із впливом на попередники є істотне збереження АК, які відповідають за аромат свіжих плодів. Споживча перевага надана лабораторним зразкам, оскільки їх аромат є наближеним до використовуваної сировини за повнотою летких речовин, на відміну від промислових із наявними домінуючими компонентами.

Для розв'язання поставлених завдань, нами була проаналізована природа взаємодії попередників із водним оточенням, а саме розчиненими у водному середовищі ароматоутворюючими ферментами. Попередники аромату являють собою гідрофобні групи, які слабо взаємодіють із сусідніми молекулами води. Завдяки використанню розрідження у лабораторних установках, у існуючих слабких взаємодіях можуть бути глибокі структурні наслідки [509]. Утворення у воді особливих структур поблизу несумісних неполярних речовин називається «гідрофобною гідратацією», яка ще недостатньо вивчена [510].

Якщо існують дві відособлені неполярні групи, то їх несумісність із водним оточенням стимулює їх асоціацію, тим самим зменшуючи поверхню розділу фаз «вода–неполярна речовина». Цей процес термодинамічно сприятливий, частково зворотний гідрофобній гідратації, називається «гідрофобною взаємодією» [511]. Враховуючи існування двох механізмів потрапляння неполярної молекули в структуру води: впровадження (гідрофільний механізм) і впровадження-заміщення (гідрофобний механізм) зразки дині та огірків змішували зі спиртом (96 % об.) у концентрації 0,1 % за

температури 25 °С, та при зміненому рН у розчині лимонної кислоти 1 %. Аналізували PSD профіль дистилятів (рис. 5.22-5.25).

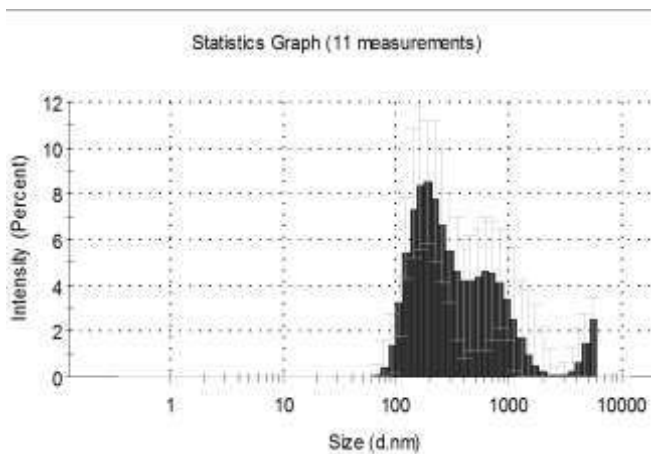


Рисунок 5.22 – PSD профіль динного дистиляту (попередники оброблені спиртом)

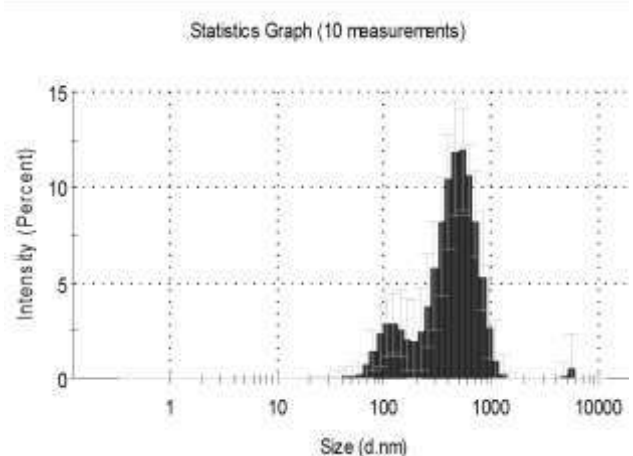


Рисунок 5.23 – PSD профіль динного дистиляту (попередники зі зміненим рН)

Відповідно до рисунків 5.22 та 5.23 робимо висновки, що зміна гідродинамічних розмірів частинок дистилятів відбувається у дзеркальному відображенні. Тобто, нерозчинні частинки у динному дистиляті зі спиртовим розчином та зміненим рН мають різні гідродинамічні діаметри. Це пояснюється нами як важливе підтвердження можливості керованого впливу на попередники аромату.

Зміна гідродинамічних розмірів і РІ краплеподібних мікрочасток у спиртовому розчині та при зміненому рН, наведених на рис. 5.24, 5.25, свідчить про наявність процесу гідрофобної взаємодії або коацервації попередників ліпідної природи. Нами встановлено, що ефект від протікання процесів гідрофобної гідратації під час переходу АР в дистилят залежний від способу отримання дистилятів: для промислових зразків ймовірно притаманний гідрофільний механізм, а для лабораторних – гідрофобний механізм. Такий висновок обумовлений тим, що для групи промислових ароматизаторів (диня, огірок, кавун, гарбуз) при використанні спиртових розчинів не відбувався процес коацервації або гідратації, на відміну від досліджених зразків.

У динному й огірковому дистилятах відбувається розділення масиву на дві фракції з різним гідродинамічним розміром. Краплі більшого розміру є коацерватом – багатомолекулярний комплекс або краплі з більшою

концентрацією колоїду (розведеної речовини), ніж в іншій частині розчину того ж хімічного складу.

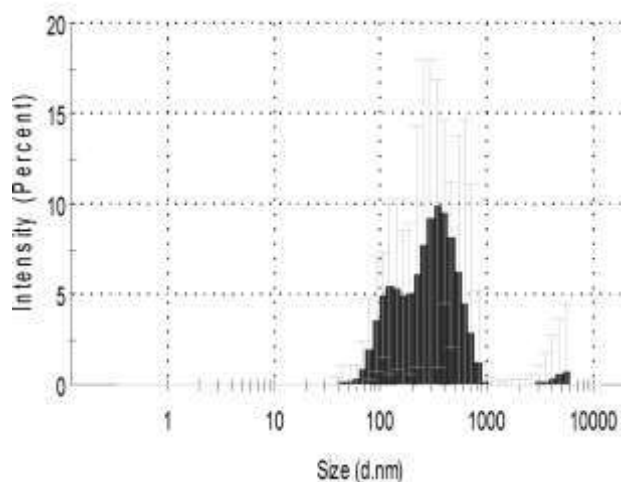


Рисунок 5.24 – PSD профіль огіркового дистилляту (зі спиртом)

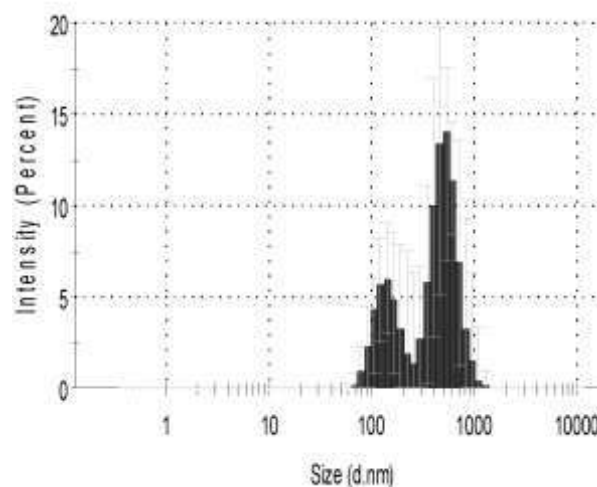


Рисунок 5.25 – PSD профіль огіркового дистилляту зі зміненим рН (розчин лимонної кислоти 1 %)

Первинне рН дистилатів становить 7, аромат виражений з інтенсивністю, подібною до плодів. Для аналізу відтінків аромату при зміні рН дистилат концентрували сульфатом магнію, оскільки з різним значенням рН відбуваються якісні та кількісні зміни аромату. Після концентрування аромат зразків стає більш виразним, краще ідентифікується, дозволяє дегустаторам надати точні описові характеристики. Разом з рН також змінюється сприйняття однакових летких сполук у різних харчових середовищах [81].

У кислому та лужному середовищі ацеталі та складні ефіри перетворюються до початкових альдегідів, кислот, спиртів. У дослідженнях аналізували зміну аромату в слабкокислому рН = 6,0 і кислому рН = 3,5 середовищах. Кислотність регулювали за допомогою певної концентрації лимонної кислоти. У лужному середовищі утворюються солі відповідних кислот, які зв'язують ароматичні компоненти та сприяють видаленню запаху з аналізованого середовища, що суперечить завданням досліджень. Дослідження і візуалізацію процесів гідрофобної гідратації, гідрофобної взаємодії в дистилатах здійснювали при розведенні дистилатів у бідистильованій воді у співвідношенні дистилат : вода 1 : 1, 1 : 10, 1 : 20 і 1 : 40 за температури 25 °С (табл. 5.13).

Таблиця 5.13 – Характеристики дистилатів (n=4, p≤0,95)

Назва		Дистилат дині	Дистилат огірка
Розмір частинок, нм			
Розведення (вода)	1:1	283±0,51	282±20
Розведення (вода)	1:10	246±31	253±51
Розведення (вода)	1:20	310±14	260±28
Розведення (вода)	1:40	390±22	291±31
Аромат			
Концентрований дистилат (рН = 7)		Динний, з медовим відтінком	Овочевий, з грибними й огірковими відтінками
Дистилат (рН 6,0)		Фруктовий з насиченим динним відтінком	Огірковий з овочевими відтінками
Дистилат (рН 3,5)		Динний з не властивими відтінками	Свіжий, насичений огірковий

Примітка: похибка не перевищує 5 %

Зміни гідродинамічного розміру часток у дистилаті при розведенні водою підтверджують вищезгадані припущення про їх гідрофобну природу та наявність результатів таких процесів, як коацервація, гідрофобна гідратація, гідрофобна взаємодія. Оскільки вода та неполярні групи існують в антагоністичному взаємозв'язку, то структура води адаптується для мінімізації контакту з неполярними групами. Розглядають два аспекти цього антагоністичного взаємозв'язку: утворення клатратних гідратів і асоціація води з гідрофобними групами [512].

Зміна рН середовища та природа розчинника впливають на органолептичні характеристики дистилатів при перегонці [513]. Істотні перетворення в кислому середовищі зафіксовані в огіркових зразках. Імовірно ацеталі (E, Z)-2,6-нонадієналь диетил ацеталь, ді-(Z)-3-гексен-1-іл ацеталь були перетворені до альдегідів, з яких вони були утворені (E, Z)-2,6-нонадієналь, (E)-2-ноненаль і цис-3-гексеналь. У динному дистилаті зміни рН середовища також призвели до різних ароматичних реакцій: у слабкокислому середовищі аромат дині був інтенсивніший і яскравіший, а в кислому середовищі менш виражений, з переважанням не властивих відтінків. Таким чином, фактором керовано впливу на реакції ароматоутворення є зміна рН дистилатів.

Концентрування дистилятів здійснювали наступним чином: в лабораторній МВС отримували першу фракцію дистиляту відразу після відгону через 10 хв (температура конденсації мінус 4 °С, шлях від камери до холодильника – 45 см). Другу фракцію збирали через 15 хв. Аналіз кожної фракції показав, що конденсати відрізняються за своїми властивостями й ароматом завдяки вмісту різних груп органічних сполук (табл. 5.14). Отримані фракції розміщували в лабораторних стаканах, куди вводили металевий стрижень з температурою -12 °С, -18 °С, -20 °С. Під час охолодження дистилятів нижче криоскопічної температури, в першу чергу, вимерзає вода, а концентрація ароматичних сполук у розчині збільшується. Наявність органічних компонентів визначали якісними реакціями на відповідні сполуки.

Таблиця 5.14 – Складові компоненти ароматів грибів, огірків [40]

Ароматичний компонент	Гриби	Огірки
Ключовий	<i>Спирти:</i> 1-децен-3-ол, 1-октен-3-ол	<i>Альдегіди:</i> (E,Z)-2,6-нонадіеналь, (E)-2,(Z)-4-нонадіеналь, (E)-2,(Z)-6-ноненаль
Додатковий	<i>Простий ефір:</i> етилбензиловий	<i>Спирти</i> (E)-2, (Z)-6-нонадієн-1-ол, окт-2-ен-1-ол
Відтіночний	<i>Лактони</i> 6-пентіл-2н-піран-2-он <i>Киснемісткі гетеро-циклічні сполуки:</i> дифурфурсульфід	<i>Ацеталі</i> 1-етоксі-1-(3-гекенілоксі)етан, 4-метіл-2пентіл-1,3-діоксолан,

Параметри експериментальних досліджень фракцій дистилятів наведені в таблиці табл 5.15.

Таблиця 5.15 – Параметри експериментальних досліджень фракцій дистилятів (n=4, p≤0,95)

Параметр	I фракція		II фракція	
	огірків	грибів	огірків	грибів
1	2	3	4	5
Компоненти:				
основні	+	+	+	+
додаткові	-	-	+	+
відтіночні	-	+	-	+
Число ароматів, мл Na ₂ S ₂ O ₃ /1г	2,0	2,5	2,6	3,0
Тривалість виморожування, с	1,1·3600		1,0·3600	

Продовження табл.5.15

Температура вихідного матеріалу, °С	20±2	20±2
Об'єм конденсату,	100	100
Температурний режим процесу, °С	-12 °С	-18 °С

За даними табл. 5.15 компоненти ароматичних сполук розподіляються за фракціями нерівномірно. У першій фракції огірків виявлено меншу кількість ароматичних сполук, аромат представлений не повністю, ніж у другій фракції. Аналогічні зміни відбулись у грибному конденсаті.

Встановлено, що максимальна кількість ароматичних речовин накопичується у другій фракції конденсату, за органолептичною оцінкою друга фракція більше відповідає аромату вихідної сировини. Унаслідок різних характеристик ароматичних складових дистилатів передбачити та теоретично підібрати температурні режими фракціонування складно. Тому експериментальним шляхом визначали ефективність процесу поділу на різні компоненти за температурою холодоагенту в кожному холодильнику (-12 °С, -18 °С, -20 °С). Після фракціонування визначали кінцеву концентрацію ароматичних компонентів у конденсаті (ЧА). Встановили залежність підвищення концентрації ароматичних речовин по відношенню до початкового значення числа аромату у концентрованому дистилаті ароматичних речовин (гідролаті) від температури виморожування (рис. 5.26).

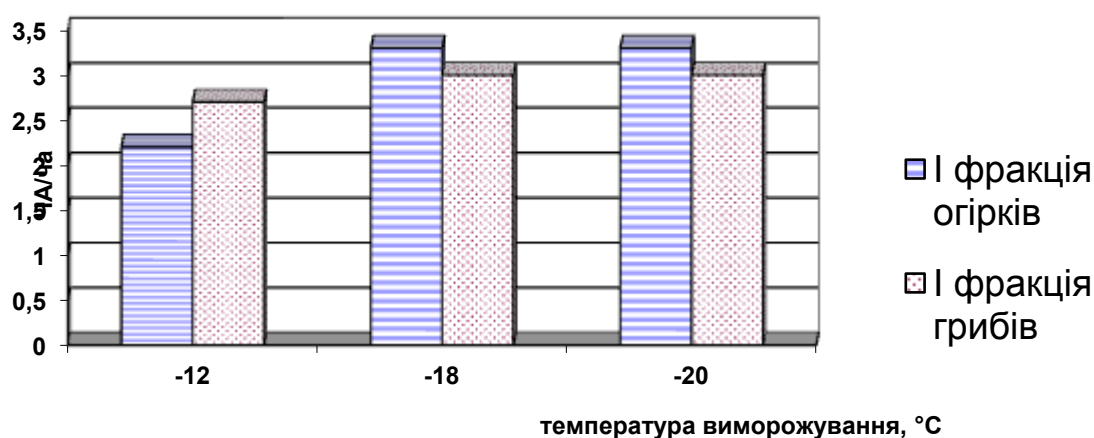


Рисунок 5.26 – Зміна числа ароматів під час криогенного фракціонування перша фракція конденсату

За температури мінус 12 °С відбувається часткове концентрування ароматів огірків, грибів. Для збільшення аромату в гідролатах температура мінус 18 °С є більш оптимальною. За меншої температури виморожування (вище мінус 12 °С) ароматичні сполуки захоплюються льодом, що призводить до зниження контрольних показників у концентраті дистиляту.

Для другої фракції дистилятів за температури мінус 18 °С відбувається найбільше концентрування числа ароматів по відношенню до його початкової кількості у дистиляті огірків, грибів. За температури виморожування мінус 20 °С показники ароматичних сполук, що контролюються, не змінюються порівняно з температурою мінус 18 °С.

Отже, оптимальні параметри фракціонного поділу дистилятів залежать від кількості органічних компонентів та їх якісного складу, що визначають насиченість аромату. Встановлена залежність кількості ароматичних компонентів та оптимальної температури холодильного агенту: для числа ароматів 2,0–2,5 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/1$ г оптимальна температура – мінус 12 °С, у діапазоні 2,6–3,0 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/1\text{г}$ – мінус 18 °С. Проведена органолептична оцінка ароматичних концентратів підтвердила вплив температури кріоконцентрування на вміст АР.

В технології розроблених фруктово-ягідних приправ (додаток М) запропоновано унесення дистилятів (динного й огіркового) з розчином оцту або плодами з високою кислотністю замість ароматичних есенцій (табл. 5.16). Розроблені замітники есенцій «Східна мрія», «Бальзамічна хвиля» відрізняються вираженими плодовими ароматами, які можуть використовуватися в закладах харчування. Розроблені дистиляти були використані як рідки ароматизатори із застосуванням концентрування та без нього (дистиляти – Д, концентрати – К) у технології виробництва ковбасних виробів, напоїв (табл. 5.17).

Властивості ароматичних компонентів, що перейшли у водяну пару під час вакуумної сушки рослинної сировини з мікрохвильовим нагріванням, зберігаються при тривалій термічній обробці дистилятів ароматів у технологічному циклі (додатки Н, П, Р). Тому їх використання ефективно у

технології квасу або фруктового пива (ламбрік) як на стадії доброджування, перемішування компонентів, так і після закінчення технологічного процесу (додатки С, Т).

Таблиця 5.16 – Технологічна картка заміників есенцій «Східна мрія», «Бальзамічна хвиля»

Сировина	Витрати сировини на 10 порцій по 100 гр «Східна мрія»		Витрати сировини на 10 порцій по 90 гр «Бальзамічна хвиля»		Функціональне призначення
	брутто	нетто	брутто	нетто	
Яблука свіжі	897	735	–	–	Основна сировина
Вишня свіжа	–	–	660	500	
Оцет 9 %	15	15	5	5	Смакова добавка
Цукор, мед	50	50	150	145	
Дистилят дині	–	–	250	250	Ароматична речовина
Концентрат гідролату огірка	200	200	–	–	
Вихід		1000		900	

Таблиця 5.17 – Асортимент продуктів з використанням рідких ароматизаторів

Найменування продукту	Основа	Джерело аромату	Концентрація
Ковбасні вироби			
Варена з білковим і соєвим ізолятом	М'ясний фарш	Коріандр, базилік, горіх, перець	100 г/1 кг 15 г/1 кг
Варена	М'ясний фарш	Свіжої зелені	25 г/1 кг
Сосиски	М'ясний фарш	Свіжої зелені	25 г/1 кг
Напої			
Квас «Квас-асорті»	Квасне сусло	Кавуновий, динний, огірковий	60 г/1 кг 10 г/1 кг
Напій «Кавунятко»	Мінеральна вода	Кавуновий, динний	60 г/1 кг 10 г/1 кг
Пиво (фруктовий ламбрік)	Пивне сусло	Базилік, огірок, смородина	100 г/1 кг 15 г/1 кг
«Калинонька»	Калиновий морс	Пряно-ароматична сировина	50 г/1 кг 15 г/1 кг

Ковбасні вироби оцінювали методом парного порівняння (вироби з традиційними ароматизаторами та лабораторними). Парний метод був обраний

серед інших розпізнавальних методів для встановлення переваги між зразками з соєвими ізолятами і лабораторними ароматизаторами. Напої оцінювали ранговим методом (поліпшення аромату за рахунок внесених ароматизаторів). Для вибору певних продуктів як пряно-ароматичної сировини, перш за все, були визнані перспективними нетрадиційні джерела ароматів: листя груші-дички, буряка, шкірки дині та кавуна, бадилля моркви.

Тривалість обробки у МВС і кількість дистиляту (у перерахунку на сушіння 1 кг сировини): листя буряка 14...16 хв (160 г), бадилля моркви 11–13 хв (150 г), листя перцю, горіха, смородини, м'яти 10...12 хв (65 г), вичавки огірків, ягоди калини 8...10 хв (175 г), шкірки кавуна, шкірки дині 16...20 хв (175), гарбуз 14...17 хв (190 г). Дистиляти були отримані при висушуванні одного виду сировини або суміші за технологічною схемою (рис. 5.27).

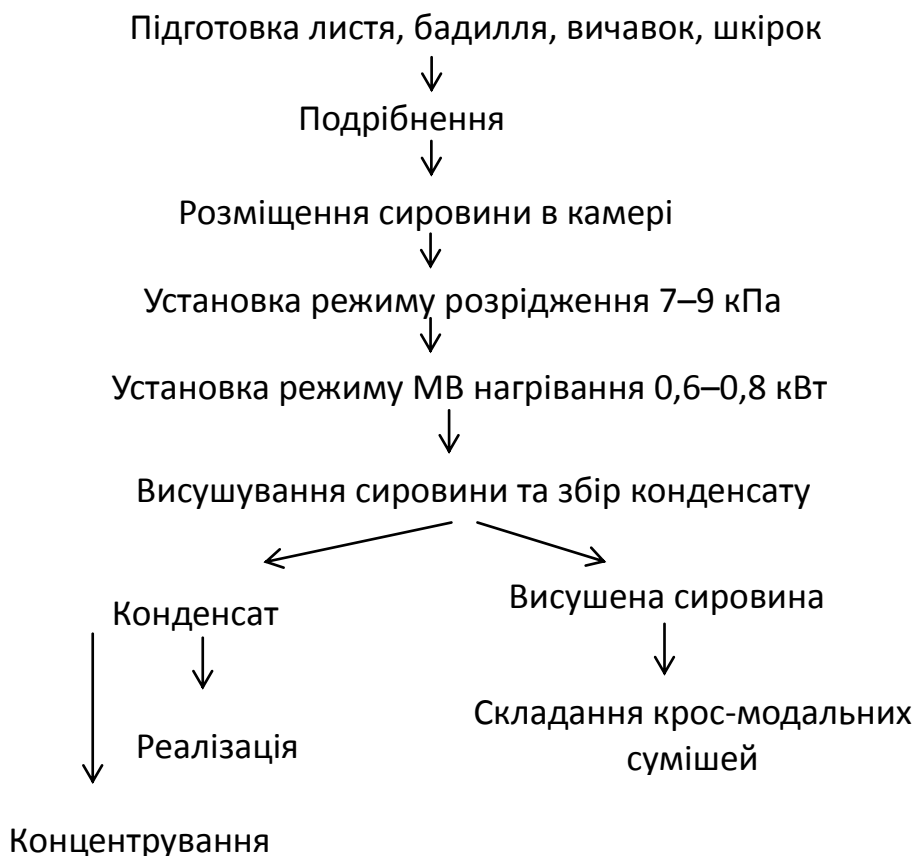


Рисунок 5.27 – Функціональна схема виробництва «Ароматизаторів FTNF, WONF» за ТУ У 15.1-01597997-003: 2014

Дистилят ароматичних речовини грибів і огірків використовували для салатів, борошняних виробів, фаршів, гарнірів для м'ясних і овочевих страв, для

перших страв (овочеві супі, відвари). Конденсат вводили до продукту нерозведеним, у вигляді розчину. Для ароматизаторів, отриманих у промислових вакуумних мікрохвильових сушарках розроблені технічні умови та технологічні інструкції: «Натуральні ароматизатори» 15.3-01597997-001:2010, «Ароматизатори FTNF, WONF» 10.2-01597997-003: 2014 (додатки Т, У).

Ураховуючи обмежений асортимент харчової продукції з використанням калини нами запропонована технологія ароматизації калинового напою. На спосіб ароматизації калинового напою концентрованим дистилятом ароматів, отриманих у МВС, виданий патент на корисну модель № 44535 «Спосіб отримання соковмісного напою «Калинонька» з використанням натуральних ароматизаторів».

Ароматичні дистиляти та сухий залишок використовували для напоїв швидкого приготування, у м'ясопереробній, кондитерській промисловості, у дієтичному харчуванні, як добавки в гарячі страви (додатки Н, П, Ф, Х).

5.5 Розроблення технології емульсійних ароматизаторів для харчових продуктів

Технологія ароматизованої олії та основи для емульсії: ароматизована основа для емульсії була отримана в лабораторних умовах, в установці для перегонки дистилятів із конвективним нагріванням, обладнаній водоструминним насосом і вакууметром, як описано в розділі 2.6. Узагальнена схема ароматизованої основи має такий вигляд: відпресування з сировини клітинного соку → обробка підготовленої водного розчину сировини у вакуумі → видалення розчину → змішування з попередниками (вільні ЖК «BioIL» або олія рослинна) → обробка у вакуумі → основа ароматизована. В умовах лабораторії наведена узагальнена технологічна схема була апробована наступним чином: до робочої колби вносили підготовлену сировину-джерело НРЛ у вигляді водного розчину, під вакуумом відганяли пари з їх подальшою конденсацією, віддаляли воду і вносили попередники на основі ПНЖК, далі під вакуумом обробляли

суміш протягом 25 хв. У результаті отримували ароматизований розчин (дистилят) і ароматизовану емульсію-основу. Для використання цього методу отримання ароматизованих емульсій на підприємствах ресторанної галузі використані вакуумний маринатор та установка су-від. Екстракт бобів сої та маш використовували як джерело LOXs. Відходи баштанних плодів, солодкого перцю, огірків використовували як джерело HPLs.

У робочий циліндр маринатора завантажували попередники та джерело ферментів, вакуум створювали насосом (для прискорення процесу передбачена комплектація додатковим насосом). Нагрівання встановлюється в межах $32 \pm 2^\circ\text{C}$, частота обертання – мінімальна, час обробки залежить від кількості сировини, що завантажується. В установці су-від обробляли суміш під вакуумом протягом 1 год. В експериментальних умовах для утворення ароматизованої емульсії необхідно 25 хвилин. Відокремлювали рідку частину – ароматизована олія, а тверду (залишки відходів) – утилізували. Розроблені технологічна інструкція і ТУ У 10.2-01597997-001:2016 «Ароматизатори на основі концентрату жирних кислот рослинних олій «БІОІЛ», на виробництво ароматизаторів на основі концентрату жирних кислот рослинних олій «БІОІЛ» (Додаток Е). Аромати GLV профілю, отримані за розробленою методикою, можуть бути використані у виробництві різної харчової продукції як без відокремлення ароматичних компонентів від суміші, так і з їх відокремленням за допомогою дистиляції. Технологічний процес виробництва натуральних ароматизаторів з ароматом GLV включає такі етапи: підготовка бобів, внесення компонентів за рецептурою (табл. 5.18), диспергування суміші «підготовлені боби - вільні ВНЖК» у водному середовищі, фільтрування для видалення осаду, відокремлення аромату з фільтрату за допомогою вакуумної перегонки або безпосереднє використання для ароматизації харчової продукції. Альдегіди та кетони, що утворюються в результаті реакцій між попередниками (вільними ВНЖК) та ферментами соєвих бобів, перетворюються на відповідні спирти, які, як правило, мають вищий поріг виявлення та більш насичений запах порівняно з початковими карбонільними сполуками.

Таблиця 5.18 – Норма витрат для виробництва ароматизованих речовин

№ з/п	Назва сировини	Норма витрат, г	
		Ароматизатор	Дистилят
1	Боби сої підготовлені	5	50
2	Вільні ВНЖК «БІОІЛ»	1	10
3	ПАР	2	20
4	Вода для замочування бобів	50	350
5	Вода для диспергування	20	150
	Вихід дистиляту	-	70
	Вихід ароматизатору	50	-

Крім того, цис-транс-ізомерази перетворюють цис-зв'язки альдегідів на транс-зв'язки, що призводить до покращення аромату альдегідів завдяки цим структурним змінам. Тому ми пропонуємо використовувати ароматизатори GLV у ресторанному бізнесі для покращення органолептичних характеристик страв, що мають оздоровчий і дієтичний ефект, зокрема в рецептурах з відвареними овочами, приготованими на парі, а також з використанням спіруліни, проростків, морських водоростей та кріопорошків. Удосконалення технології виробництва вільних ВНЖК дозволить розширити асортимент ароматизаторів, отриманих за новою технологією.

Розроблені комбінації компонентів утворення аромату для отримання ароматизованих емульсій. Суміш для приготування складається з попередників аромату ліпідної природи 5–25 %, водних екстрактів ферментів LOXs із рослинної сировини 45–65 %, плодкових вичавок (джерело HPLs) 10–35 %, ПАР або активаторів процесу ферментативного утворення ароматичних компонентів (табл. 5.19).

Таблиця 5.19 – Склад сумішей для ароматизованих емульсій

Аромат емульсії	Активатори реакцій	Попередник аромату	Джерело комплексу рослинних ферментів
1	2	3	4
Фруктовий, кавуновий	Соєвий шрот (окиснена жирна кислота)	Кавунова м'якоть (біла та червона), диня, гарбуз після охолодження для активації десатураз	Висівки пшениці (LOX), гомогенат свіжих плодів (HPL)

Продовження табл.5.19

1	2	3	4
Свіжої зелені GLVs, огірковий	Хлорофіл-білковий комплекс (вичавки або огіркова шкірка, паростки пшениці)	Кукурудзяна, лляна олія, віск яблучний, капустяний	Соеві боби, висівки пшениці (LOX), вичавки плодови (HPL)
Відновлений плодовий аромат	Пробуджене зерно	Термічно оброблена плодова сировина	Вичавки гарбуза, перцю, огірка
Свіжої зелені	Не використовуються	Кукурудзяна, лляна олія	Пророщені злаки (пшениця)
Фруктовий, свіжих плодів	Лецитин	Пробуджене зерно, какао-масло	Соеві боби (LOX)

Отримані основи – це емульсійні продукти, які необхідно використовувати безпосередньо після приготування та фільтрування. Для емульсійних ароматизаторів водний екстракт ферментів можна вносити безпосередньо перед приготуванням ароматизатора. Розроблені рецептури ароматизованих олій, які можна використовувати для заправки салатів, оздоблювати тісто перед випічкою. Технології отримання емульсійних ароматизаторів можуть служити прикладом молекулярного дизайну, коли фрагменти структур природного походження за рахунок ковалентних зв'язків утворюють ароматичні субстанції.

Ароматизоване какао-масло при охолодженні протягом декількох годин переходить у твердий стан, тому перспективним є його використання для глазурування екструдованих продуктів (сухариків, снєків, кукурудзяних паличок). Використання різних ароматів дозволяє істотно розширити асортимент харчової глазури. У виробничих умовах була використана глазур для безглютенового хліба (додаток Р, Ц). У складі глазури були використані емульсії з огірковим і гарбузовим запахом (із додаванням какао-масла), яечний білок, сіль і цукор. Завершення ферментативних процесів утворення аромату з плодових гомогенатів передбачене на остаточній стадії - нагріванні до температури 60°C. Важливою властивістю олій є розчинення і захист ароматичних компонентів від руйнування

під дією тепла. Використана технологія має споріднення з відомою технологією анфлеражу, яка застосовується для вилучення чутливих навіть до найменшого нагрівання ароматичних компонентів.

Застосовувати ароматизовані олії доцільно в процесі приготування грінок у бутербродниці з двома нагрівальними поверхнями, або тостерах. Розчиняючись в олії, носій аромату не руйнується під час нагрівання. Так, ароматизовані грінки, вкриті плівкою олії з огірковим, полуничним запахом, зберігали свіжий аромат у межах години. Наявність ненасичених жирних кислот з трьома подвійними зв'язками обумовлює здатність лляної і кукурудзяної олії до швидкого висихання. Для зменшення періоду висихання плівки, хліб після нанесення тонкого шару ароматизованої олії рекомендовано обдути гарячим повітрям кілька хвилин.

Технологія приготування ароматизованих спреєвих продуктів і синглетних пін Використання ароматизованих спреїв і пін широко поширене за кордоном у технологіях приготування салатів, хлібобулочних виробів, овочевих гарнірів та ін. Спреєві балончики з техніки подачі ароматизованого продукту підрозділяють на два види: з використанням пропелентів (газ, що заповнює балончик) і без них. Для отримання піни використовується:

- спеціальний балончик під назвою «кремер-сифон»;
- помповий розпилювач (1/2 пляшки заповнюється емульсією «олія у воді», 1/2 – екстрактом ферментів).
- спреєр двох-компонентний (половина – термооброблений продукт з попередником аромату, друга – екстракт ферментів).
- еспумізатор (емульсія в балоні під впливом N_2O перетворюється в піноподібну масу).

Промислові піни на білковій основі готують з олеогумів, у яких певні ароматичні компоненти розчиняються в олії. У розробленому способі замість олеогумів використовується концентрат конденсату або емульсійна основа. Суть еспумізації полягає в тому, що будь-який продукт доводиться до стану рідкого пюре, а потім у балоні під впливом закису азоту перетворюється у піноподібну

масу. Ця суміш активізує смакові рецептори. Газ може бути двох видів – закис азоту N_2O і вуглекислий газ CO_2 . Якщо надходить закис азоту, то вміст спінюється і довше зберігається. Якщо ж це вуглекислота, то рідина насичується бульбашками, стає газованою. Емульсію використовували для шприцювання м'ясних продуктів або спреєвого покриття м'ясних продуктів перед термообробкою.

Введення кисневмісних продуктів у раціон профілакторіїв, пансіонатів і санаторіїв свого часу стало серйозною інновацією оздоровчої технології. Ентеральна киснева піна застосовується у дошкільних і шкільних установах, спортивно-оздоровчих комплексах, аптеках, кафе та фітобарах. Синглетно-кисневі пінки (СКП) – це комплекс, одним зі складових якого є синглетний кисень, іншим – піноутворююча суміш (сироп кореня солодки, білок перепелиного яйця, сік алое), третім – фітозбір або мінеральна вода, четвертим – сік. У даній роботі використовували як піноутворювач водний розчин лецитину (60 %), суспензію ферментів із пшеничних висівок (10 %) і гомогенати з охолоджених зразків кавунів, огірка, перцю і гарбуза (30 %). Синглетний кисень отримують в апаратах MIT-C або VORWEKS Термомікс із паралельним подрібненням плодів. Апарати призначені для приготування СКП, коктейлів, пінок, активації води (водних розчинів). Це компактне обладнання, що потребує мінімальних навичок в обслуговуванні. Суспензії висівок мають високу активність LOX, але реакції утворення аромату в них відбуваються за наявності продуктів мікросомального окиснення. При додаванні продуктів окиснення і ліноленової кислоти з лляної олії до суспензії висівок протікають переважно процеси з утворенням аромату свіжоспеченого хліба, смажених горіхів.

Технологічний процес виробництва піни з відновленим свіжим ароматом складається з таких операцій: очищені від шкірки та насіння кавуни, гарбуз, диню, огірки нарізають шматочками і варять у воді з цукром. Відвар проціджують, вводять підготовлений желатин, лецитин і підготовлений комплекс ферментів з томатів або огірків, солодкого перцю, кавунів, дині.

Готують піну за допомогою міксера або пристрою з синглетним киснем за рецептурою наведеною в табл. 5.20.

Таблиця 5.20 – Рецептура піни з відновленим ароматом

Компоненти	Відновлення аромату		
	кавунові, огіркові	чайно- листові	квіткові- фруктові
Комплекс рослинних ферментів, г	15	25	35
Термооброблені плоди, г	140	190	190
Цукор, г	20	15	12
Лецитин, г	0,1	0,1	0,1
Желатин, г	3,0	3,8	3,8
Вода, г	70	75	75
Вихід	200	250	250

Додавання харчових фіксаторів-біополімерів, наприклад, желатину або агару, в ароматизовані піни дозволяє стабілізувати їх. Гетерогенна система у вигляді піни дає можливість повною мірою відчувати ступінь відновлення аромату, його інтенсивність, не вдаючись до складних процедур аналізу – хроматографічних, мас-спектрометричних та ін. Основні ноти аромату залежать від кількості внесених ферментів, наявності попередників аромату в обробленій рослинній сировині. Піну використовували як ароматизуючий компонент основної страви.

Піни додавали у страви: овочевий бульон, приготовані на парі овочі та риба, каші з метою збагачення органолептичного профілю. Додавання до попередників солей хлористого натрію або хлористого кальцію у кількості 3,0 % до маси сировини сприяє підвищенню активності ферментів. Попереднє охолодження сировини протягом 48–60 год за $t = 5 \pm 1^\circ\text{C}$ у холодильній камері доцільно проводити для зменшення лаг-періоду дії ферментів. Встановлено, що основними інгібіторами процесу є поліфеноли й антиокислювальні компоненти, тому наукові дослідження з сировиною, яка містить значну їх кількість, не проводилися. На спосіб відновлення свіжого аромату в харчовій продукції з використанням піни, виданий патент на винахід № 110149.

Розроблення технології приготування піни на основі молочної сироватки

Нативна необроблена МС має характерний специфічний аромат, який характеризується як альбумінний або вторинної, переробленої сировини. Численні спроби змінити сирий сироватковий аромат призводять або додавання сировини, здатної перекрити неприємний запах, або сформувати новий аромат [514]. Ферментативний гідроліз компонентів МС дозволяє суттєво вплинути на зміну сирого сироваткового аромату шляхом руйнування його носіїв – білків та ліпідів. Модифікацію ароматичних дескрипторів МС проведено шляхом ферментолізу з використанням ферментативних розчинів. Для експериментальних досліджень використовували свіжу МС (сиру), отриману у виробництві кисломолочного сиру, жовтуватого кольору, вмістом лактози 4,0 мас.%, з масовою часткою молочного жиру 0,5%, білка – 0,6%, активною кислотністю 4,5, титрованої кислотністю 70°Т, з вираженим ароматом сирі сироватки та легким кисломолочним відтінком.

Розщеплення компонентів МС проводили ферментами: пепсином (12000 ОД), хімотрипсином (1500 ОД), лактазою (3000 ОД), ліпазою (20000 ОД), різного походження. Суміш сироватки і розчину ферментів витримували протягом 60 хвилин, підтримуючи температуру 40-50°З всіх зразків (у зразку з лактазою – температуру 28-32°С) постійно перемішуючи на магнітній мішалці з частотою обертання 8 хв⁻¹. Після закінчення процесу ферментолізу використовували типову методику описового методу з метою оцінки процесів зміни аромату.

Вплив на попередники аромату білкової природи проводили в одну стадію (тільки ферментацією) або дві стадії (попередня термічна обробка при температурі 90-92°С, 5 хв. і ферментоліз з використанням протеаз. Виділення легколетких фракцій та проведення реакції Майяра. Для визначення змін ароматичних дескрипторів МС в процесі високотемпературної обробки підготовлені зразки піддавали ректифікації в лабораторній установці, при температурі 105±1°С. Ректифікаційна установка дозволяє поєднувати високотемпературну обробку та відгін легколетких компонентів. Процес поділу

здійснювали протягом 45 хв, відбирали дистилятні фракції через кожні 15 хв. Після закінчення процесу використовували типову методику описового методу з метою оцінки процесів зміни аромату. Після закінчення ректифікації досліджували аромат конденсату і кубового залишку, в якому здійснювалася реакція Майяра між пептидами, амінокислотами, лактозою і лактулозою у зразках. Вплив попередників аромату вуглеводної природи досліджували у зразках із збільшеною концентрацією лактози, лактулози (вносили у кількості 15% до маси зразка).

Після закінчення ферментативного гідролізу проведено порівняльний аналіз зразків. Аромат контрольного зразка сирі сироватки прийнятий за 100%, наявність іншого запаху та швидка впізнаваність сироваткового запаху – 80-60%, легкий відтінок сироватки на тлі певного аромату – 20%, відсутність сирого сироваткового запаху відповідає 10%.

Найбільші зміни аромату за результатами оцінки дегустаторів відбулися у разі використання протеолітичних ферментів. Можна стверджувати, що ферментативне розщеплення молочного цукру та ліпідів з використанням відповідних ферментів несуттєво впливає на зміну аромату МС. Руйнування сироваткового аромату полягало у відсутності дескриптора «сирий, альбумінний, сироватковий» запах і становило більшості зразків 40% і більше. Показник руйнування сироваткового аромату можна збільшити, проте мета роботи полягала у дослідженні процесу змін аромату та створенні нових дескрипторів.

За попередніми дослідженнями, руйнування сирого сироваткового аромату може залежати від глибини протеолізу. Наприклад, при негативній пробі на біуретову реакцію сирий альбумінний аромат МС практично не відчувався. В умовах, які використовуються нами, глибина протеолізу становить 50-60%, що узгоджується з результатами подібних досліджень [515]. Таке значення глибини протеолізу є імовірно достатнім для формування з кінцевих продуктів ферментативної реакції нових дескрипторів аромату, що і становить основне завдання даного дослідження. Найменші зміни в ароматі сироватки відбулися під впливом ліпази. Вільні довголанцюгові жирні кислоти, що утворилися після

ферментолізу ліпазою, не мають запаху, проте можуть розчиняти і накопичувати легколеткі компоненти аромату, з чим, очевидно, і пов'язано, присутність альбумінного запаху та незначну зміну загального аромату зразків. Узагальнюючи отримані результати, зроблено висновок, що ферментативний гідроліз змінює аромат МС, але не формує його привабливість. Руйнування сироваткового аромату є результатом утворення пептидів та вільних амінокислот, розщеплення ковалентних зв'язків, вивільнення окремих функціональних груп. Усі зразки мали слабо виражені аромати, модифіковані шляхом подальшої високотемпературної обробки. В результаті ректифікації зразків після ферментативного гідролізу формуються нові та відомі дескриптори аромату (табл. 5.21).

Таблиця 5.21 – Характеристика модифікованих ароматичних дескрипторів зразків після ферментолізу та ректифікації

Найменування зразків	Опис аромату			
	кубового залишку (нелеткі ароматичні компоненти)	конденсату (<i>леткі ароматичні компоненти</i>)		
		Фракція 1	Фракція 2	Фракція 3
Контрольний зразок	Солодко-кислий із «вареним» тоном	Гіркий із сироватковим відтінком	Гіркий без відтінку	Різкий та гіркий
Пепсин	М'який, солодкий з вареними і ароматом подібним до м'ясного бульйонного	Кисловатий із сирним відтінком	Кисловатий із сирним відтінком	Різкий, кислуватий із сирним відтінком
Пепсин + хімотрипсин	Подібний до м'ясного, бульйонного, злегка сметанно-сирного.	Кислий із сироватковим відтінком	Слабкий кислуватий відтінок	Різкий, гіркий, з горілими та слабо кислими нотками
Папаїн	Подібний до м'ясного, бульйонного, з солодкими фруктовими нотками	Кислий із сироватковим відтінком	Кислий із сироватковим та гірким відтінком	Різкий, гіркий, із слабо кислими нотами
Ліпаза	Ліполізний, прогорклий із кислуватим тоном	Гіркий	Гіркий з горілими нотками	Різкий, гіркий з горілими та в'язучими нотками
Лактаза	Кислий з сирним відтінком	Солодкий	Солодкий з горілим тоном	Солодкуватий з горілим тоном
Лактаза + лактулоза	Солодкий, з кислими та сирними нотками	Солодкий	Солодкий з горілим тоном	Солодкуватий з горілим тоном

Як показано в табл. 5.21, після ферментолізу утворюються різні ароматичні дескриптори, внаслідок зміни амінокислотного складу в кожному зразку.

Наприклад, з метіоніну утворюється альдегід метіональ, що володіє м'ясним запахом, з треоніну - α -кетомасляна кислота, що має сильний запах бульйону [516]. Ці зміни аромату відносяться тільки до кубового залишку і нелетючих компонентів, що накопичилися там. У конденсат переходять легколеткі речовини – утворені внаслідок розщеплення білків (сірчисті, аміачні). Можливим джерелом утворення сульфідів є сірковмісні амінокислоти, зокрема цистин, цистеїн, метіонін, а також пептид глутатіон. Ферментативна та подальша теплова деструкція ліпідів у МС призвела до появи гірких та горілих відтінків, як у конденсаті, так і в кубовому залишку. Це пояснюється тим, що при подальшій після ферментолізу високотемпературної обробки ліпідна фракція зазнає негативних змін, які можуть ставитися більшою мірою до теплової деструкції гліцерину, що утворився після ліполізу зразків МС. Збільшення вмісту вуглеводів у МС шляхом додавання лактулози не істотно впливає на зміни аромату як при ферментолізі лактазою, так і при подальшому формуванні кубового залишку: дегустатори відзначали незначну присутність солодкуватих відтінків. Зміна аромату МС у конденсаті та кубовому залишку доводить, що найбільші зміни відбуваються в результаті утворення та накопичення нелетких та важколетючих компонентів, які не піддаються перегонці та ректифікації. Попередниками аромату є амінокислоти та їх амідні (серії, аспарагінова та глутамінова кислоти, глутамін, гліцин та ін.), які накопичуються в процесі автолізу при розпаді білків та природних пептидів, таких як глутатіон, карнозин, ансерин [139]. Глутамінова кислота та її натрієва сіль навіть у незначній кількості (порядку 0,03%) надають продукту м'ясного аромату [516]. Формування ароматичних дескрипторів починається на етапі ферментативного розщеплення попередників аромату і продовжується при термічній обробці. Перетворення аромату на цій стадії залежать від накопичення продуктів реакції Майяра між амінокислотами та вуглеводами ферментативно-модифікованою МС.

Дослідження аромату кубового залишку після ферментолізу МС комбінацією ферментів пепсин/хімоліпсин показали, що ароматичні дескриптори виявляються тільки в гарячому стані (60-80°C) реакційної суміші,

при охолодженні кубового залишку до температури 25°C аромат ледь уловлюється. В результаті проведених експериментальних робіт була запропонована технологічна схема виготовлення піни на основі МС.

Приготування піни на соєвому молоці полягало в наступному: соєве молоко (СМ) готували наступним чином: замочували боби сої в холодній воді при гідромодулі 1:4 протягом 12 годин, промиванні бобів та подальшому подрібненні в блендері. До подрібнених бобів додавали холодну воду у співвідношенні 1:2, перемішували та наполягали 2-3 години. Суміш проціджували, далі використовували фільтрат, що зветься «соєве молоко» (СМ). До фільтрату додавали модифіковану МС у співвідношенні МС:СМ як 1:2, суміш барботували вуглекислим газом 5 хв до отримання стійкої піни.

Для отримання готового продукту – ароматизованої піни, проведено експерименти комбінування модифікованої МС та СМ. Попередній пошук піноутворювального компонента, який поєднувався за своєю природою, ароматичними та смаковими якостями показав переваги рослинного молока. СМ має достатні піноутворюючі властивості, тому було використано нами як рецептурний компонент білкової ароматизованої піни (табл. 5.22, рис.5.28).

Таблиця 5.22 – Склад та характеристика піни ароматизованої

Найменування компонента	Кількість	Стадії обробки	Аромат
Молочна сироватка, см ³	200	Ферментоліз, ректифікація, термообробка кубового залишку у присутності хлористого натрію та соєвого молока	Бульйонний, суповий, сирний, грибний (відтінок), сметанний (відтінок)
Соєве молоко, см ³	200	Змішування з МС та барботування	Рослинного молока
Ферменти (папаїн), мг	100	Приготування водного розчину, перемішування та термостатування протягом 5 хв, додавання до МС	Відсутній
Сіль кухонна, г	20	Додавання до МС після ферментолізу	
Основа для піни, см ³	500	Барботування вуглекислим газом до отримання стійкої піни	Бульйонний, м'ясний, суповий, сметанний

Відзначено властивість СМ посилювати відтінок м'ясного та сирного аромату. Виробництво ароматизованої піни складається з трьох основних етапів: I – ферментоліз; II – модифікація сировини (зміна аромату, реакція Майяра); III – отримання піни. Особливість отриманої піни полягає в тому, що ароматичні компоненти в ній знаходяться в більш доступній формі і на більшій площі поверхні, що посилює отримані дескриптори аромату модифікованої МС.

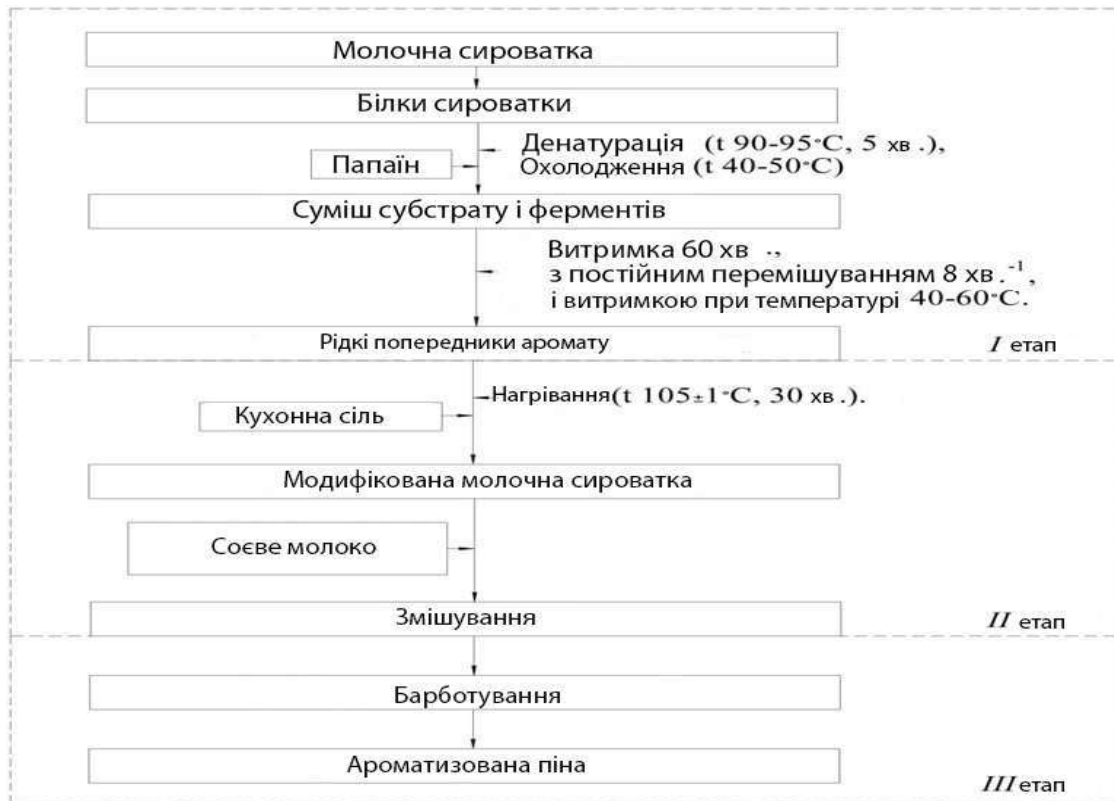


Рисунок 5.28 – Принципова схема отримання ароматизованої піни

Розгортання та стабілізація білкової глобули може відбуватися у присутності солей, у тому числі й хлориду натрію. Тому більшість технологій виробництва ароматизаторів на основі гідролізату білків включає додавання кухонної солі.

Рослинні олії відомі своєю абсорбційною здатністю до поглинання та утримування летких речовин. Як фіксатор-носій аромату також було досліджено соняшникову рафіновану дезодоровану олію. Леткі речовини, які утворюються як продукти реакції Майяра, змінюють загальний аромат продукту і частково з парами відокремлюється при кипінні. Додавання рослинної олії як сорбційної плівки на поверхні зразків утримує частину летких компонентів у суміші. Таким

чином, аромат модифікованої сироватки та дискриптори «подібний до бульйонного», «подібний до м'ясного», «сирний», «варений» переносяться на масляну основу і стають концентрованим окремим продуктом.

Таким чином, дослідження процесу зміни ароматів молочної сироватки у модельних умовах показало, що протеоліз сироваткових білків усуває специфічний аромат молочної сироватки. Глибина протеолізу при використанні МС з нативним рН достатня як для усунення сирого запаху, так і формування нових дескрипторів наступної сахаро-амінної реакції. Формування нових ароматів у процесі двостадійного процесу – ферментативного розщеплення та реакції Майяра полягає у перетворенні попередників у бульйонні, м'ясні, супові, сирні аромати. Процес отримання модифікованої молочної сироватки із заданими ароматами залежить від перетворень попередників білкової природи. Ліпіди та вуглеводи молочної сироватки не мають істотного впливу на процеси ароматоутворення. Комплексні ферментативні реакції з компонентами МС призводять до утворення солодких, м'ясних, сирних ароматів різних стадіях розщеплення сироваткових білків. Специфічний аромат молочної сироватки, що обмежує її використання в галузі продуктів харчування, піддається модифікації завдяки новим підходам до реакцій із попередниками аромату.

5.6 Розроблення технології ароматизації окремих харчових продуктів

5.6.1 Розроблення технології ароматизованої солі

Мікрохвильова вакуумна сушарка перспективна у використанні, як за своїм основним ціловим призначенням, так і для ефективного впливу на попередники ароматичних речовин. Переваги МВ оброблення досліджували таким способом:

- вологу з пряно-ароматичних трав (подрібнених на смужки 7–10 мм) у кількості 50 % видаляли декількома способами: у мікрохвильовому полі, пресуванням (контроль) і кріодеструкцією;

- частково зневоднену сировину змішували з сіллю (співвідношення солі та трав 1:1) і висушували до кінцевого вмісту води в травах у середньому

приблизно 10 %. Висушування проводили за температури нагрівання сировини 60 °С у конвективній сушарці та мікрохвильовій печі;

- шляхом повітряної сепарації з поверхні солі здували трави й оцінювали процес ароматизації солі через 1 годину та 72 години, а також після розчинення у воді – десорбції (табл. 5.23).

Контрольний зразок із висушуванням солі та трав у конвективному полі, що найчастіше використовується у харчовій промисловості, показав найменші значення числа аромату.

Таблиця 5.23 – Число аромату (мг $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ г) харчової солі*

Вид обробки солі та підготовлених трав	Попередня обробка трав		
	Мікрохвильова	Кріодеструкція	Пресування (контроль)
Мікрохвильова: 1 год	120±2,2	150±2,5	100±2,0
72 год	120±2,2	100±2,5	80±1,8
Десорбція у воді	100±2,0	70±2,5	55±1,5
Конвективна: 1 год	85±1,8	88±1,8	78±1,8
72 год	70±1,6	73±1,6	68±1,6
Десорбція у воді	50±1,5	52±1,5	50±1,5

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

У мікрохвильовому полі показники контрольного зразка спочатку збільшуються, але процес сорбції ароматів на сіль не відбувся, швидше за все, через невисоку концентрацію ароматичних компонентів за конвективного нагрівання (аромат випаровується в навколишній простір). Поєднання мікрохвильової попередньої обробки трав і мікрохвильового досушування із сіллю показало найбільш високі числа аромату солі. Попередня обробка обезводненням знижує кількість Лл фракції і сприяє активності ферментів сировини та виділенню кількості ароматичних речовин, достатньої для адсорбції на сіль.

Сировина, зневоднена кріодеструкцією, після 1 години зберігання має високі органолептичні характеристики, що пов'язано з підвищеною активністю ферментів у розмороженій сировині. Проте процес адсорбції ароматів на сіль не відбувся, тому після зберігання 72 години та десорбції у воді число аромату зменшилось. Це можна пояснити зміною показника активності води в сировині

після розморожування і додатковою екстракцією інгібіторів ферментативних процесів – решти Лл компонентів.

Зі свіжої сировини: шкірки кавуна та дині, огірка, листя перцю, смородини, базилику, горіха, бадилля буряка, моркви готували крос-модальні суміші, що використовували для складання рецептури ароматизованої солі «Sol'ka» або окремо як приправи, добавки до хлібобулочних виробів (додатки Ц, Ш, Ю). Упровадження здійснювалось за такою технологічною схемою:

- підготовка пряно-ароматичних трав;
- підсушування до вологості 65 ± 5 % у мікрохвильовому полі (0,3 кВт);
- змішування з сіллю (1 : 1);
- нагрівання у мікрохвильовому полі (0,6–0,8 кВт);
- подрібнення, просіювання.

Використання солі ароматизованої «Sol'ka» запропоновано з метою зниження рецептурної кількості солі без шкоди для ароматичного профілю кулінарної продукції.

Аналіз інноваційних розробок і тенденцій на сучасному ринку ресторанного господарства показує, що серед різних форматів і напрямів затребуваним є «креатив-направлення» або авторська кухня, в основі якого закладені гармонійне поєднання смакових якостей і можливість отримати не тільки смакове, а й естетичне задоволення від процесу харчування. Цим тенденціям відповідає розробка ароматизованої харчової продукції. Нами запропоновано найбільш раціональне поєднання крос-модальних сумішей для ароматизації солі й отримання відповідних конденсатів на основі описового методу:

- листя перцю та базилику (співвідношення 5 : 2);
- листя горіха та бадилля буряка (співвідношення 1 : 1);
- бадилля моркви та кавунові шкірки (співвідношення 2 : 1).

Крос-модальні суміші були приготовлені в МВС і конвективній сушарці з метою порівняння загального числа аромату у кінцевих продуктах протягом 20 діб зберігання (рис. 5.29).

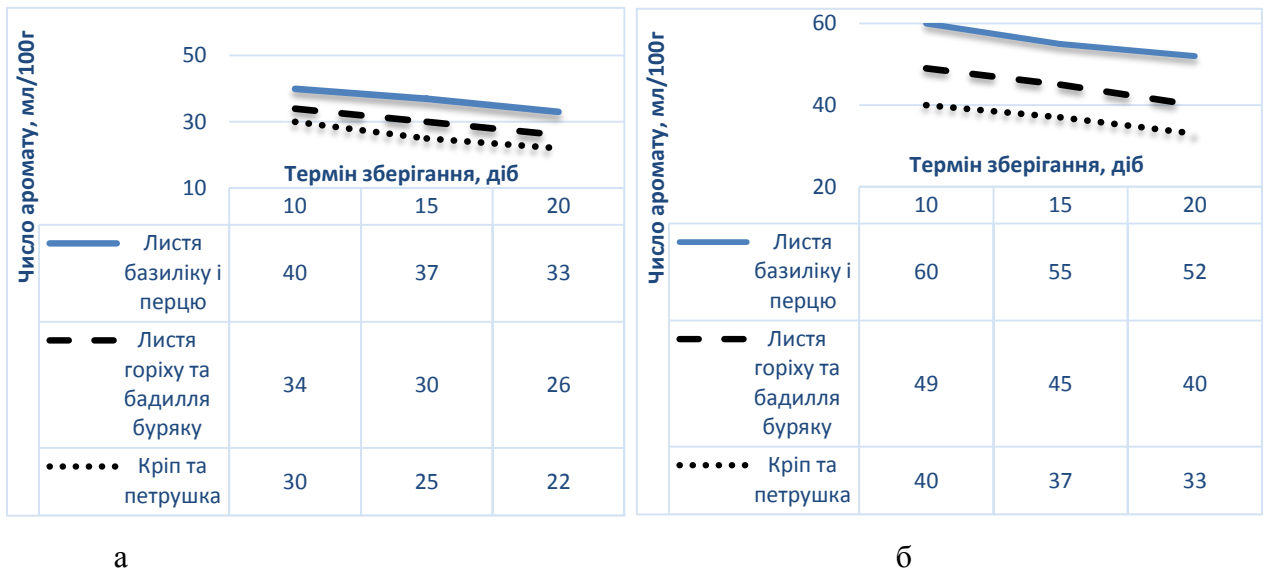


Рисунок 5.29 – Зміни числа аромату крос-модальних сумішей, підготовлених у НВЧ сушарці (а) і конвективній сушарці (б) протягом 20 днів зберігання

У результаті було встановлено, що загальне число аромату крос-модальних сумішей, отриманих у МВС у 1,5 рази вище та, відповідно, більша рейтингова споживча оцінка. Але крім загального числа аромату також інтенсивність та природа аромату виражена по-різному: у МВС крос-модальні суміші відповідали аромату свіжої сировини. Для розробки харчової продукції із покращеним смакоароматичним профілем використовують описовий метод характеристик. Атрибутами таких характеристик слугують виразність, натуральність, упізнавання, апетитність і новизна. Встановлено, що за цими атрибутами крос-модальні суміші мають значні переваги перед традиційними висушеними пряно-ароматичними травами.

5.6.2 Ароматизовані соуси та м'ясні продукти

Наповнювачі, які реалізуються через заклади ресторанного господарства та мережу супермаркетів, виготовлені на основі яблучної та ягідної сировини. Начинки з баштанних плодів за маркетинговими дослідженнями користуються попитом, але не мають відповідних технологій переробки. В першу чергу, тому що баштанні плоди переважно споживають у свіжому вигляді, а по-друге заморожування дині, кавунів, гарбузів, огірків за відсутності технології подальшої переробки не використовується [517]. Нами розроблена технологія

ароматизованих наповнювачів з дині, огірків та гарбузів свіжих або після розморожування. Попередньо для ароматизації були використані промислові зразки супів пюреподібної консистенції з вареного гарбузового та капустиного пюре закордонного виробництва. При розробці схеми термооброблене пюре використовували як харчову систему з попередниками та інактивованими ферментами (рис. 5.30).

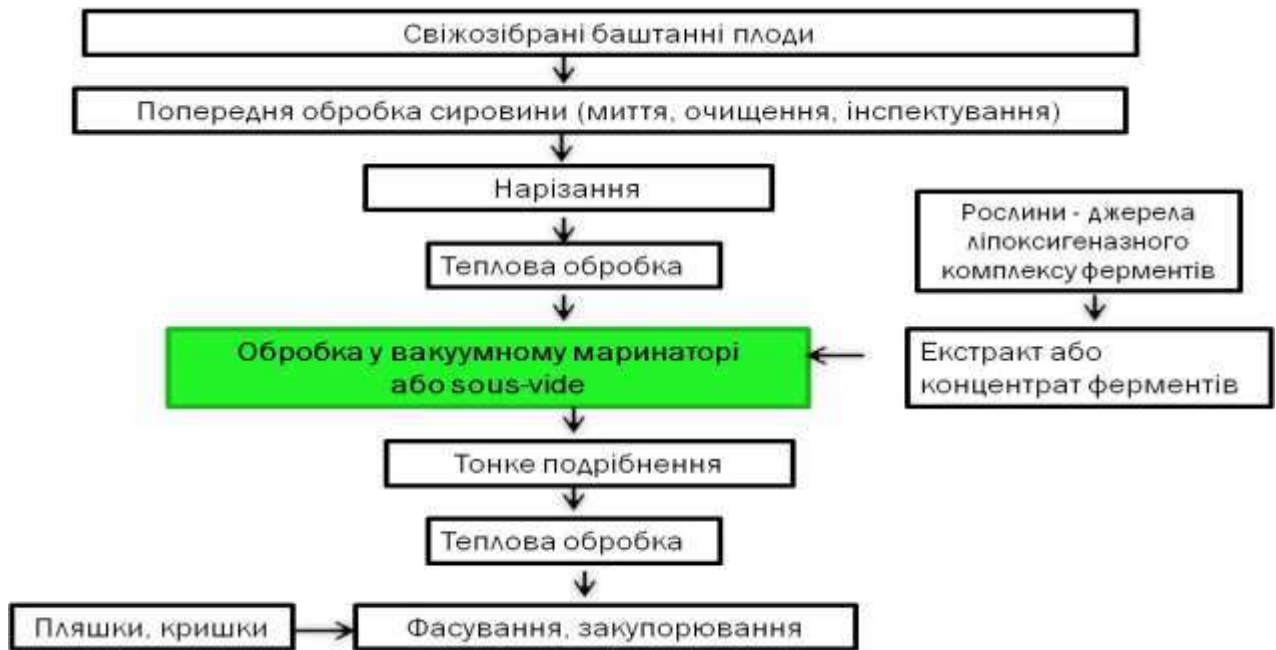


Рисунок 5.30 – Функціональна схема наповнювачів ароматизованих з баштанних плодів

Для ароматизації начинок, соусів, супів на основі гарбузового та динного пюре виявилось недостатнім вносити тільки фруктові наповнювачі як носії аромату, а необхідно підібрати комплекс рослинних ферментів, який би дозволив отримати стійкий насичений аромат у готовому продукті.

Перед апробацією принципова технологічна схема виробництва плодкових начинок була детально проаналізована, виявлені основні технологічні режими і проведений розрахунок процесів виробництва на вузлових етапах. Апробація наповнювачів ароматизованих проведена у їдальні Управління Справами Апарату Верховної Ради України (додаток Я).

Основною метою розробки технологічної схеми ароматизованих наповнювачів або соусів з плодового пюре було визначення оптимального часу

витримки плодів у вакуумному маринаторі з максимальним ароматутворенням. Результати зміни числа аромату протягом 7–21 хв витримки наведені в табл. 5.24.

Таблиця 5.24 – Числа аромату плодових пюре залежно від тривалості витримки у вакуумному маринаторі*

Джерела комплексу ферментів та речовин, що забезпечують ароматотвірні реакції		Число аромату, мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ г		
		Тривалість витримки, хв		
		7	14	21
пелюстки троянд	ядро соняшника	30	50	52
	соя	28	50	58
шкірка огірка	ядро соняшника	14	48	55
	соя	21	51	59
пюре гарбузове (динне)	ядро соняшника	19	50	53
	соя	22	50	54
біла м'якоть кавуна	висівки	22	50	58
	соя	18	50	59

*Примітка: похибка не перевищує 5 %

Доведено, що LOXs, HPLs в екстрактах як сої, так і насіння соняшника по-різному змінюють число ароматів у пюре, оскільки LOXs соняшника мають іншу ізомерну форму, ніж сої. Збільшення числа аромату свідчить про інтенсивні процеси, що підсилювали здатність ферментів до ароматизації. Аромат у зразках стійкий і насичений. Встановлено, що ферментативний процес ароматутворення починається через 14 ± 1 хв від початку витримки у вакуумному маринаторі. Комплекс рослинних ферментів сої, ядра соняшника, висівок збільшують число ароматів у суміші з пелюстками троянд, шкіркою огірка, білою м'якоттю кавуна, динним та гарбузовим пюре.

Пояснення складних ферментативних взаємодій у вакуумному маринаторі, яке призводить до утворення або модифікації аромату наступне:

- бобів сої містять комплекс ферментів, серед яких найбільш активні ліпоксигенази, що вступають у взаємодію з ліпідними попередниками, утворюючи гідроперекисні сполуки;
- пелюстки троянд, свіже гарбузове або динне пюре, біла м'якоть кавуна, шкірка огірка містять серед комплексу рослинних ферментів гідропероксидліази, що вступають у взаємодію з гідроперекисними

сполуками, надаючи приємного аромату рослинному пюре, який не втрачається після теплової обробки;

- ядро соняшника використане як джерело рослинних білків, які формують аромат шляхом участі реакції Майяра; кавуновий м'якоть аромат зберігає свіжий аромат в комплексі з висівками та ядром соняшника.

Необхідно підкреслити, що активність HPL в рослинних екстрактах є одним із вагомих ферментів в реакціях з попередниками, якими є похідні ліпідів – гідроперекисні сполуки [195]. Тому результат обробки плодів у вакуумі є важливим з цієї точки зору і полягає в активації HPL, здійсненні реакцій із гідроперекисними сполуками ліпідів та подальших реакцій утворення C₆-C₉ альдегідів GLVs профілю.

Розроблені рецептури та технологічні схеми виробництва ароматизованих соусів (наповнювачів): «Привіт з осені», «Веселка», «Вінок», «Світанок» (рис. 5.31), «Оптіма», «Хамон», «Маківка» (рис.5.32) сутність яких ґрунтується на здатності екстрактів сої та насіння соняшника модифікувати аромат в термообробленому пюре дині, кавуна, гарбуза.

Соус подають гарячими у соусниках до страв відварної індички, телятини та кролика. Розроблено технологічні картки виробництва соусів (табл. 5.25).

Таблиця 5.25 – Технологічні картки соусів

Назва сировини	Основні технологічні операції	Нетто
1	2	3
«Світанок»		
Диня заморожена	підготовлену диню відварюють у власному соку 15 хв, витримують з екстрактом бобів сої та пелюстками троянд у вакуумному маринаторі, відварюють 10 хв, протирають через сито з отворами діаметром 3 мм.	850
Пелюстки троянд		50
Боби сої		100
Вода		150
Вихід	–	1000
«Вінок»		
Гарбуз свіжий	підготовлений гарбуз подрібнюють кубиками, відварюють у воді 15 хв. Шкірку огірка подрібнюють, витримують у вакуумному маринаторі з гарбузом та підготовленим ядром соняшника, відварюють 10 хв, протирають через сито з отворами діаметром 3 мм.	910
Шкірка огірка		80
Ядро соняшника		10
Вода		150
Вихід	–	1000

Продовження табл.5.25

1	2	3
«Хамон»		
Диня заморожена	підготовлену диню відварюють у власному соку 15 хв, протирають через сито з отворами діаметром 2 мм, охолоджують до $t=40^{\circ}\text{C}$, витримують з підготовленим ядром соняшника у вакуумному маринаторі, додають бульйон відварюють 10 хв, протирають через сито з отворами діаметром 3 мм.	780
Ядро соняшника		20
Бульйон № 1.94		200
Вихід	–	1000
«Оптіма»		
Гарбуз свіжий	підготовлений гарбуз подрібнюють кубиками, відварюють у воді 15 хв, витримують з екстрактом бобів сої у вакуумному маринаторі, відварюють 10 хв з бульйоном, протирають через сито з отворами діаметром 3 мм.	810
Боби сої		98
Бульйон № 1.94		200
Вихід	–	1000
«Привіт з осені»		
Кавун заморожений	підготовлений кавун відварюють у власному соку 15 хв, витримують з розмороженою білою мякоттю кавуна та ядром соняшника у вакуумному маринаторі, відварюють 10 хв, протирають через сито з отворами діаметром 3 мм.	780
Ядро соняшника		250
Біла м'якоть кавуна		10
Вода		250
Вихід		–
«Маківка»		
Диня заморожена	підготовлену диню відварюють у власному соку 15 хв, змішують з екстрактом ферментованого листя, екстракт макового насіння витримують з розмороженою білою мякоттю кавуна у вакуумному маринаторі, змішують всі компоненти, відварюють 10 хв, протирають через сито з отворами діаметром 3 мм.	810
Ферментоване листя		250
Екстракт макового насіння		10
Біла м'якоть кавуна		250
Вихід		–

Розроблено ТУ У 15.3–01597997-001:2013 «Наповнювачі ароматизовані», технологічна інструкція на виробництво наповнювачів ароматизованих ТУ У 15.3–01597997-001:2013 (додаток АА). Отже, використання попередників термообробленого пюре, якими є ПНЖК клітинних мембран та гідроперекисні сполуки, що утворюються під час варіння рослинної сировини та носіїв гідропероксидіаз (свіжа сировина), дозволяє керувати процесами формування

аромату кулінарних страв.

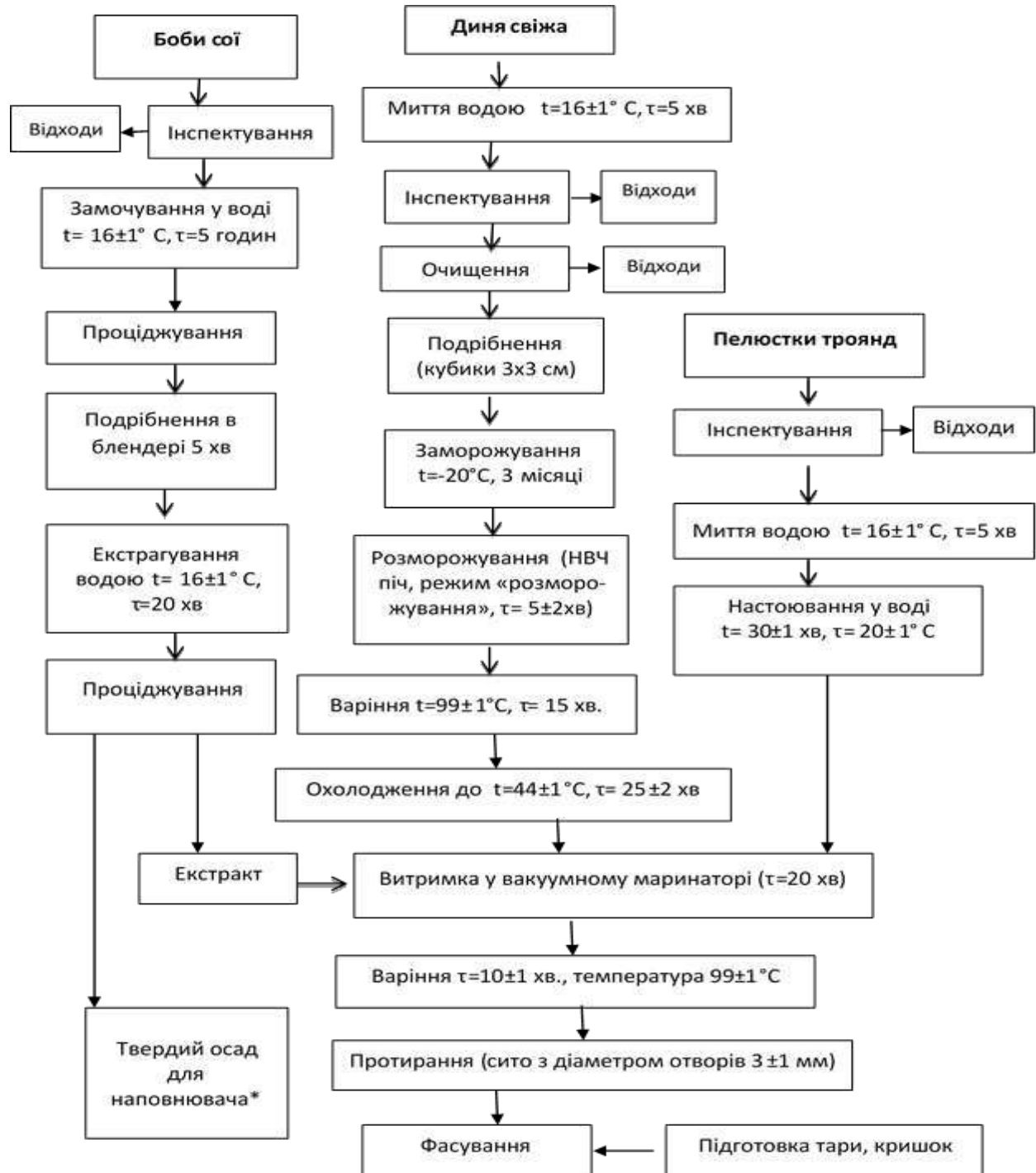


Рисунок 5.31 – Технологічна схема ароматизованого соусу «Світнок»

* в технології наповнювача осад використовується для формування щільної консистенції

Ферментоване листя липи, вишні, малини використано як джерело додаткових ароматичних компонентів.

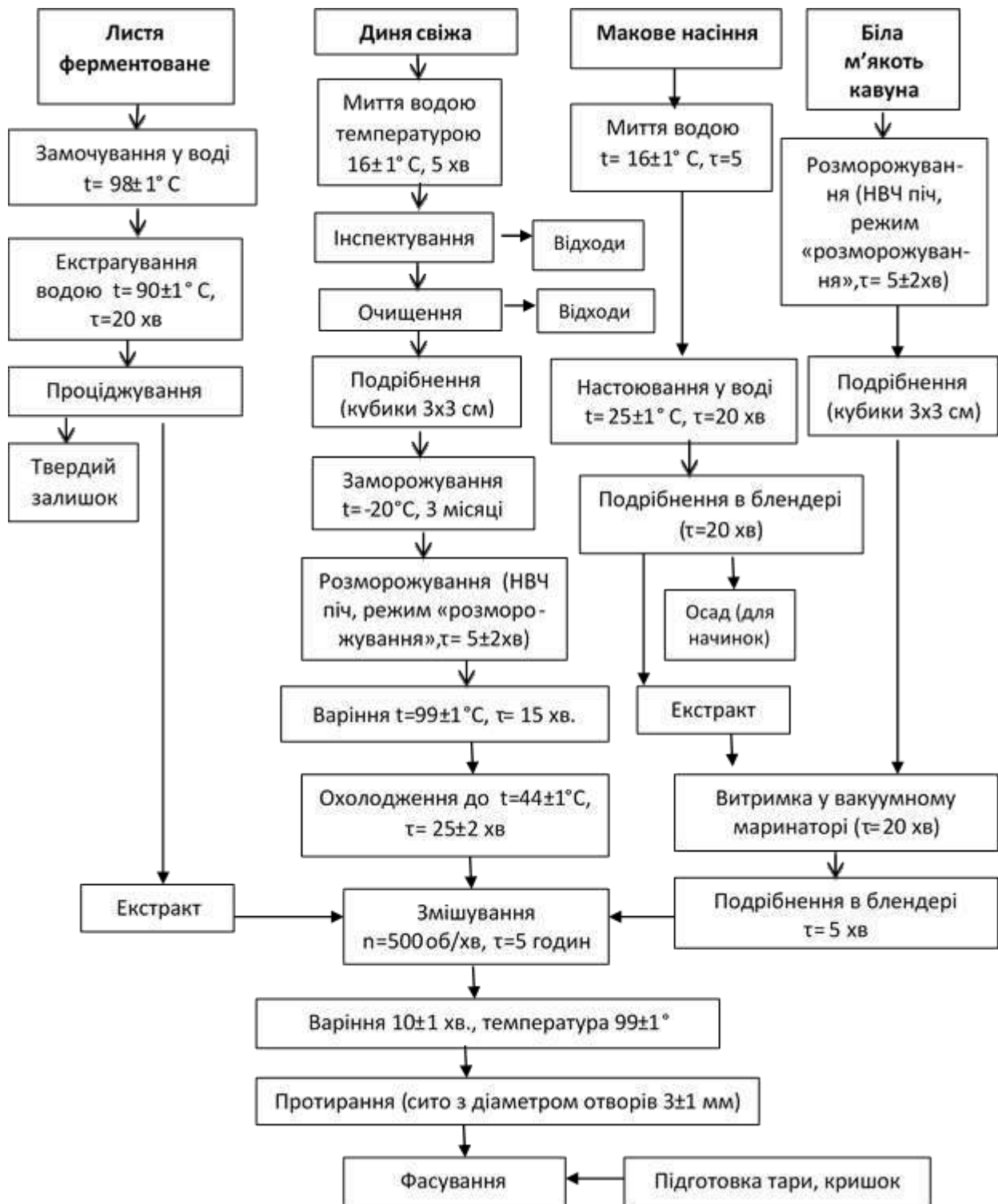


Рисунок 5.32 – Технологічна схема ароматизованого соусу «Маківка»

За допомогою біокаталітичних процесів, кількість яких у харчовій промисловості постійно збільшується, розроблені соуси з новими компонентами. Комплекс ферментів сої та соняшника, та пелюстків троянд попередники свіжого пюре формують якісні показники соусів із рослинної сировини. Доведено, що запах продуктів зумовлюють компоненти з попередників аромату сировини.

Гарбуз містить каротин, формула якого включає два триметилциклогексенових кільця, з'єднаних довгим ланцюгом з 18 атомів вуглецю, що утворює єдину систему. Триметилциклогексенові кільця в молекулі каротину подібні до кільця β -іонуна — сполуки з вираженим запахом фіалок. Запах фіалок може змінюватися в залежності від середовища, зберігаючи при цьому приємний солодкувато-фруктовий аромат або модифікуючись в залежності від складу середовища [518]. Аналіз теплової обробки субпродуктів показує, що бланшування і варіння тривають до 90-120 хвилин. Субпродукти містять до 30 % ліпідів, і під час варіння набувають салистого присмаку та аромату через окислювальні процеси ліпідів. Особливістю утворення ароматів з субпродуктів є їх взаємодія з амінокислотами. Продукти окислення ліпідів впливають на розклад амінокислот по Штрекеру, що було описано в 2004 році. Хоча α -дікарбонільні сполуки самі по собі не є основними окислювачами ліпідів, під час ліпідного окислення утворюються сполуки, схожі на α -дікарбоніли, які розщеплюють амінокислоти [519]. Взаємодія між карбонільними сполуками та меркаптанами або сірководнем призводить до утворення великої кількості ароматичних речовин. При гідротермічній обробці субпродуктів утворюються лактони, алкілфурани, α -дікарбоніли, α -оксокислоти, альдегіди, кетони, органічні кислоти, тіозоли, гідроксикетони та інші ароматичні компоненти.

Обов'язковою умовою для утворення приємного аромату є спільне варіння субпродуктів з гарбузом [520]. Окрім запобігання окисленню ліпідів, гарбуз має сорбційні властивості, які дозволяють зв'язувати неприємні запахи або компоненти, що їх утворюють. Ці сорбційні явища пов'язані з високим вмістом пектинових речовин у гарбузі. Наприклад, під час варіння легень з гарбузом специфічний запах був ледь відчутним, а приємний гарбузовий аромат переважав як під час варіння, так і в готових стравах.

Співвідношення субпродуктів до гарбуза для усунення неприємних запахів повинно бути не менше 1:0,5. Ступінь подрібнення гарбуза залежить від кількості субпродуктів і тривалості варіння: при великій кількості (від 1 до 3 кг) гарбуз слід нарізати скибочками, при середній кількості (від 0,5 до 1 кг) – на

кубики, а якщо кількість менша за 0,5 кг, рекомендовано подрібнювати його в блендері або на тертці. Варто зазначити, що аромат поліпшується не тільки у варених субпродуктах, але й у рідині, в якій вони варились. Після завершення варіння гарбуз можна використовувати окремо або подрібнити блендером прямо в рідині до пюреподібної консистенції.

Технологія виглядає наступним чином: спочатку проводять інспекцію субпродуктів, потім замочують їх у воді на 2 години при температурі 16-20 °С. Після замочування зливають зайву воду, промивають субпродукти (легені, мозок) під проточною водою, викладають їх в ємність і заливають водою для варіння. Обчищений гарбуз, нарізаний відповідно до кількості субпродуктів, додають до рідини з субпродуктами і варять до їх готовності. Приклади здійснення способу наведені в таблиці 5.26.

Таблиця 5.26 – Вироби з субпродуктів, ароматизовані гарбузом

№ прикладу	Вид виробу	Кількість, кг		Тривалість варіння, хв	Характеристика аромату та відтінків
		субпродукти	гарбуз		
1	Варені субпродукти	0,5	0,3	45-60	М'ясний приємний з відтінком гарбуза
2	Відвар субпродуктів	0,5	0,3	45-60	Овочевий з солодкуватими відтінками
3	Паштет з субпродуктів	1	0,5	65 - 80	М'ясний приємний з відтінком гарбуза
4	Фрикадельки з субпродуктів	1,5	1	65-80	М'ясний овочевим відтінком

Як видно з наведених в таблиці даних, використання гарбуза під час варіння запобігає утворенню салистого аромату, який виникає при тривалому варінні субпродуктів. Механізм утворення ароматів, що виникають через окиснення ліпідів, можна коригувати застосуванням антиоксидантів (АО). Останнім часом особливу увагу приділяють антиоксидантним властивостям пшеничних висівок (ПВ). Основна частина антиоксидантних речовин зернових зосереджена у зовнішніх оболонках (до 80%) і складається переважно з похідних

фенольних кислот (коричної та бензойної), а також меншою мірою з алкілрезорцинолів, поліфенольних сполук (лігнанів та флавоноїдів). Також антиоксидантну активність проявляють токофероли, каротиноїди, фітинова кислота та метали (залізо, цинк, мідь, селен) пшеничних висівок [521].

Згідно з результатами проведених досліджень, нами запропоновано застосовувати ПВ під час гідротермічної обробки субпродуктів протягом перших 20-30 хвилин варіння. Висівки поміщали в марлевий мішечок та занурювали в пристрій для варіння. Антиоксидантну властивість ПВ перевіряли за відсутністю вторинних продуктів окиснення ліпідів або їх значно меншою кількістю порівняно з контрольним зразком. Співвідношення пшеничних висівок до води становило 1:15 у лабораторних умовах на модельних зразках і 1:50 при виробництві сальтисону другого сорту. Останні дослідження показали, що для посилення антиоксидантної активності доцільно використовувати антиоксиданти двох різних типів. Разом з ПВ як антиоксидант використовували шматочки гарбуза, які варили з субпродуктами. В результаті були отримані варені субпродукти з приємним ароматом і відсутністю характерного сального присмаку. Вільні радикали зв'язуються рослинними антиоксидантами (каротиноїдами гарбуза, фенольними сполуками ПВ), що запобігає процесам окиснення жирів і, як наслідок, сприяє зниженню кислотного числа в два рази протягом 14 діб порівняно з контролем.

Органолептичний аналіз показав переваги запропонованої технології гідротермічної обробки: ПВ додають приємний хлібний аромат, а каротиноїди – овочевий тон, що в сукупності значно покращує загальну оцінку порівняно з контролем. Експериментально доведено, що використання пшеничних висівок та гарбуза під час гідротермічної обробки субпродуктів модулює органолептичні, антиоксидантні та антимікробні процеси в бік значного покращення.

Вплив процесів окиснення ліпідів м'яса на аромат готових продуктів описано в різних дослідженнях [522]. Зазначено, що насичені жирні кислоти вступають в процес самоокислення при високих температурах, пов'язаних з такими методами обробки, як кип'ятіння, запікання, смаження, обсмажування і т. д.

[522]. Після самоокислення або вільно-радикального окиснення утворюються продукти з неприємним запахом старого жиру. Легені яловичі містять 4,7 % ліпідів, свинячі – 3,6 %, баранячі – 2,3 % [523]. Мозок яловичий містить 9,5 % ліпідів, при цьому жирнокислотний склад ліпідів мозку характеризується високим ступенем ненасиченості, тобто більш схильний до швидкого окиснення. Тому попередження протікання реакцій окиснення за допомогою антиоксидантів вирішує зазначену проблему погіршення аромату під час тривалого варіння у воді таких субпродуктів як легені та мозок яловичий.

5.6.3 Розроблення технології ароматизованих желатинових продуктів

Свіжа кавунова м'якоть здатна бути ароматною тільки протягом декількох хвилин після подрібнення, а після нагрівання набуває вареного, кабачкового запаху. Тому для зберігання і переробки кавунів, як правило, використовують способи соління та маринування, під час яких аромат утворюється за допомогою молочнокислих бактерій [267]. Наявність великої кількості води та ніжна консистенція кавунової м'якоти ускладнюють використання способу низькотемпературного зберігання і подальшої переробки. У результаті асортимент продуктів із кавуна обмежується переважно рецептурами з компонентів свіжої сировини. Однак, з огляду на здатність кавунової м'якоти швидко втрачати аромат, у таких рецептурах також присутні додаткові ароматичні компоненти – пряні приправи, сік цитрусових, м'ята та ін.

Технологічна схема виробництва ароматизованого желе могла мати виконання за трьома різними способами: комплекс ферментів уведений до кавунової м'якоти (1), на етапі перемішування компонентів (2), у желатиновий розчин (3). Апробація довела доцільність застосування третього варіанту, який на схемі (рис. 5.34) позначений суцільною стрілкою, інші можливі варіанти – пунктиром. Технологічний процес виробництва желе з відновленим ароматом свіжого кавуна, розроблений нами, здійснюється у такій послідовності: підготовка сировини (миють, інспектують, видаляють неїстівні частини) та комплексу ферментів, що відновлюють свіжий аромат; уварювання кавунової

м'якоті; відокремлення рідкої фази (плазми); приготування желейної суміші; внесення компонентів за рецептурою (табл. 5.27);

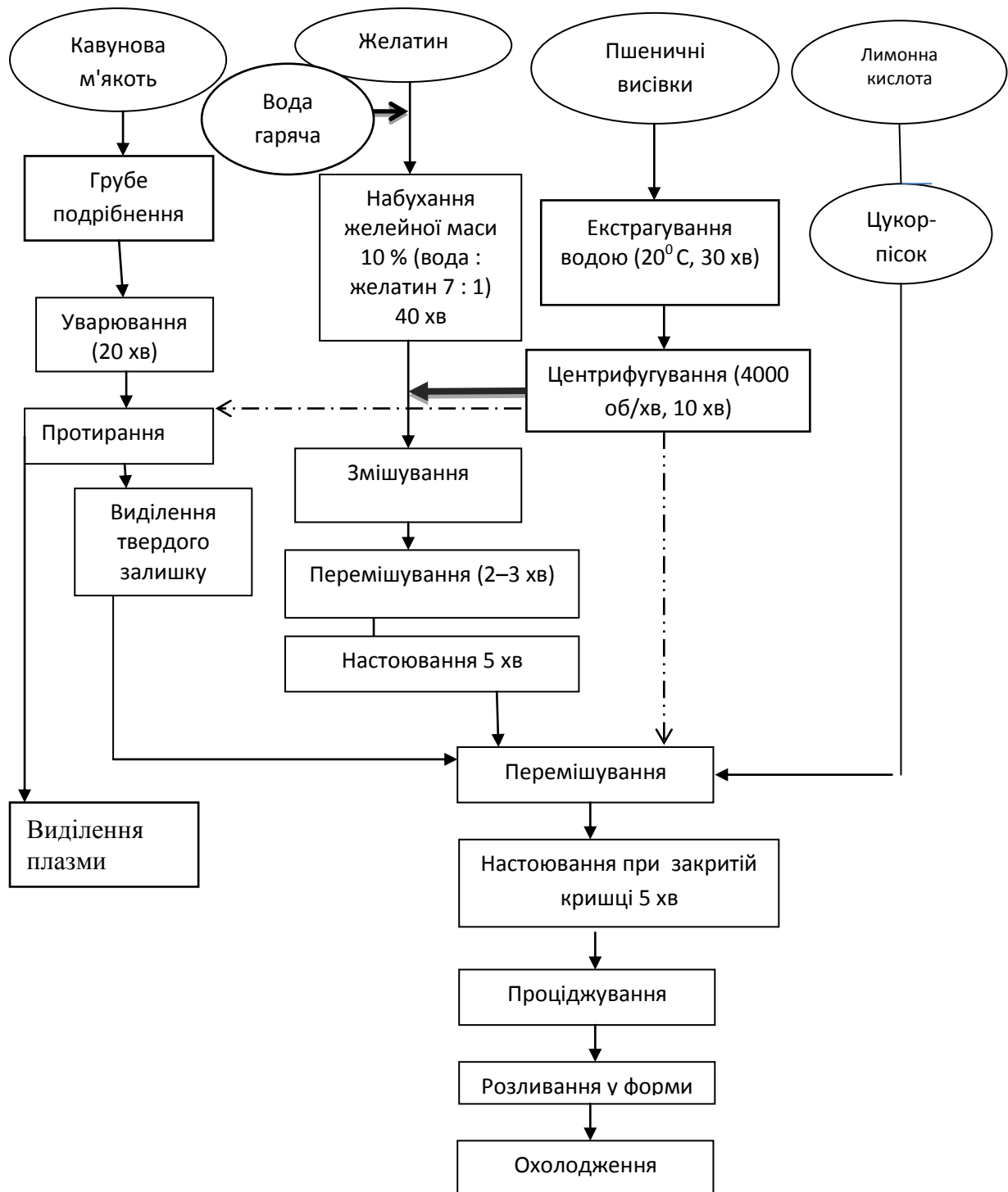


Рисунок 5.33 – Принципова схема желе ароматизованого з кавунової м'якоті

(- - - можливий варіант, → реалізований варіант)

уведення підготовленого комплексу рослинних ферментів у кінці теплової обробки, після досягнення температури в суміші 40 °С. Готову желейну суміш після ароматизації проціджують і розливають у форми, після чого желе

охолоджують за $t = 0-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, далі продукт відправляється на фасування, пакування желейних виробів і зберігання (рис. 5.33).

Таблиця 5.27 – Рецептатура желе з відновленим ароматом свіжого кавуна

№ з/п	Назва сировини	Норма витрат сировини масою нетто, г на 1 порцію
1	Уварена кавунова м'якоть	115
2	Комплекс ферментів	22
3	Цукор пісок	20
4	Желатин	4,0
5	Кавунова плазма після уварювання	35
Вихід		200

Апробація виробництва желатинових плівок з виготовленого ароматизованого желе обумовлено тим, що найчастіше в науковій літературі желатинові плівки розглядаються для застосування як їстівні оболонки для м'ясних виробів [524].

Апробація роботи відбулась у закладах ресторанного господарства (додаток АБ). Підготовлена документація на виробництво «Желе з ароматичною композицією» ТУ У 15.3–01597997-002-2014, технологічна інструкція на виробництво желе з ароматичною композицією ТІ У 15.3–01597997-002-2014 (додаток АВ), отримано патент на корисну модель № u 201004093. У розділі 4 було показано, що желатиновий гель легко формується, добре сприймає і вивільняє ароматичні речовини, що мають різний агрегатний стан і розчинність. Желатинові плівки за своїм механізмом дії є наноструктурами, тому концентрація ароматичних речовин у плівках у кілька разів менше, ніж у плодах, а технологічний ефект більше. Завдяки достатній фізіологічній індіферентності, відсутності видової специфічності та високій гелеутворювальній здатності желатинові плівки широко використовуються у медицині й інших галузях, зокрема у харчовій промисловості [525].

Для приготування плівкоутворювального розчину до 100 г подрібненого желатину додавали 500 мл теплого ферментативного розчину з пшеничних висівок, акуратно перемішували, накривали та залишали для набухання за кімнатної температури протягом однієї години, періодично перемішували до

повного розчинення, без видимого поділу фаз. У приготовлений розчин вносили м'якоть кавуна або дині, перемішували та формували плівки на пластикових підкладках. Поверхню, призначену для формування і подальшого сушіння плівок, знежирювали та встановлювали строго горизонтально. На підготовлені підкладки наносили плівкоутворюючі розчини методом наливу, з подальшим рівномірним розподілом розчину по площі підкладки. Плівки виготовляли шляхом нанесення підготовленого плівкоутворюючого розчину в кількості 30 мл на поверхню розмірами 104 × 150 мм [526]. Для запобігання втраті ароматичних властивостей перед охолодженням плівки упаковували в пергаментний папір.

Виробництво желе здійснювали для споживання у закладах харчування, а також з подовженим терміном зберігання (рис.5.34, 5.35, табл.5.28).



Деароматизоване

З куркумою та імбирем

З кропом та базиліком

З паприкою

Рисунок 5.34 – Желе на основі деароматизованої цибулі промислового виробництва (а) для закладів ресторанного господарства (б)

Під час відпрацювання технології желе було встановлено, що в якості желуючого агента для цибулевого пюре доцільно використовувати желатин, а для цибулевого соку – агар. В агарі відбувається часткове розшарування рідкої і твердої частини, що візуально погіршує органолептичні властивості продукту. Тому цибулевий сік необхідно фільтрувати від завислих частинок.

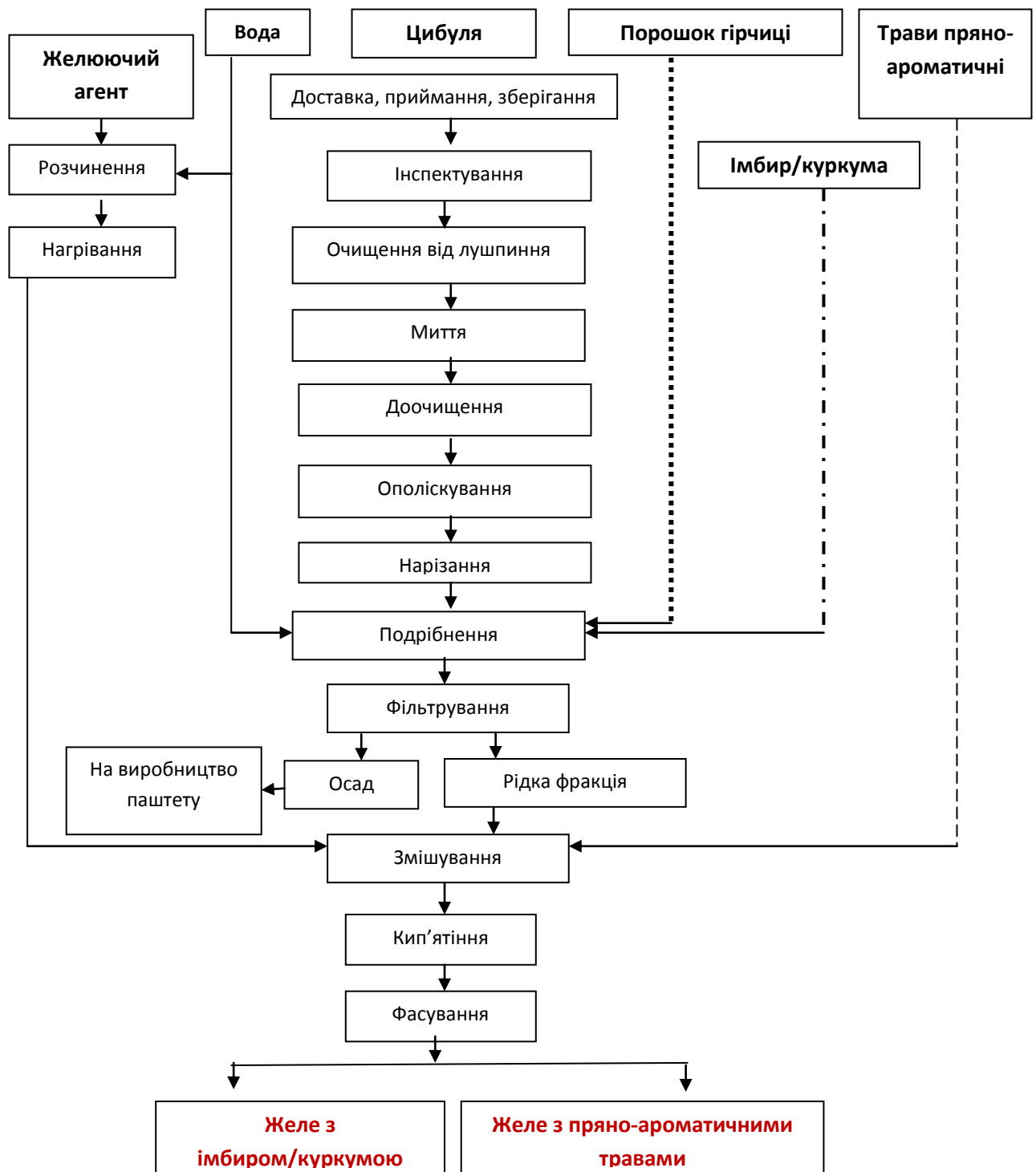


Рисунок 5.35 – Технологічна схема промислового виробництва желе на основі деароматизованої цибулі

Виробництво желе з використанням деароматизованої цибулі здійснювали у відповідності з ТУ У 10.8-02070921-001:2023 «Продукти функціональні харчові на основі рослинної та грибної сировини» (додаток АГ) в їдальні ПДАУ «Золота нива» (додаток АЕ).

Таблиця 5.28 – Рецептури цибулевого желе (на 0, 5 л желе для закладів ресторанного господарства)*

Найменування компоненту	Желе з цибулевого соку (на агарі)	Желе з цибулевого пюре (на желатині)	Желе з цибулевого пюре (на желатині)
Цибулеве пюре	-	300	300
Цибулевий сік	300	-	-
Гірчичний порошок	25	25	15
Агар	20	-	-
Желатин	-	20	20
Імбир	20	20	15
Пряно-ароматичні трави	-	-	30
Куркума	5	5	-
Вода	130	130	120
Вихід	500	500	500

* для промислового виробництва желе використовуються бензоати з метою запобігання мікробіального псування в кількості 1000 мг/кг желе за ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014.

Страви з ароматизованої цибулі (паштет та желе) запропоновано в якості продукції лікувально-профілактичного призначення:

- для пацієнтів з лікувально-профілактичною метою у дієтичному харчуванні пацієнтів з прегіпертензією та артеріальною гіпертензією I ступню, а також диспепсичними захворюваннями шлунку та дванадцятипалої кишки, з метою нормалізації функціонального стану нервової та імунної систем, а також для загального зміцнення організму.
- для адаптації організму до несприятливих чинників, запобігає тромбоутворенню та кардіоваскулярним захворюванням, а також хворобам, пов'язаним з оксидативним стресом.

Передбачувана добова доза для дорослих: 50-100 г на день з метою попередження розвитку захворювань. 100-150 г при інфекційних та запальних захворюваннях, не залежно від прийому їжі. Застереження: індивідуальна непереносимість (містить імбир, порошок гірчиці). Строк придатності желе – 7

діб (без консервантів) або 30 діб (з консервантами) від дати виробництва. Умови зберігання: зберігати в оригінальній упаковці при температурі від 0°C до 6°C у сухому, захищеному від світла і недоступному для дітей місці. Форма випуску: у скляні банки типу I місткістю 0,25 дм³ - 0,5дм³, типу III місткістю не більше ніж 0,35дм³.

5.6.4 Розроблення технології ароматизації темпурних страв та фруктових супів

Національні японські страви, такі як суші, роли, гункани та оригінальні східні салати, були адаптовані до української кухні. Завдяки спеціальному темпурному борошну (суміш рисового та пшеничного борошна, яєчного білка і солі) та кляру, приготованому з нього, кожен продукт, навіть після термічної обробки, зберігає свої властивості і приємний запах. Взаємодія продуктів реакції Майяра з ароматичними компонентами і їх попередниками є важливою темою для вивчення процесів формування аромату в термічно оброблених продуктах [527].

Амінокислоти та багато ненасичених карбонільних сполук розкладаються під час нагрівання, тому зміна аромату темпурних страв вказує на їх участь у процесах ароматизації. З цією метою в рецептурі темпурного кляру 20% темпурного борошна було замінено підготовленим нутом, лляним насінням та соєвими бобами. Підготовка нуту та сої полягала в замочуванні у воді при кімнатній температурі на добу, після чого зливалася зайва вода, боби промивали та подрібнювали у воді (співвідношення 1:1). Насіння льону подрібнювали у побутовому блендері. Також використовували різні співвідношення інгредієнтів, зокрема додавали тонко подрібнену огіркову шкірку. Термічній обробці піддавали кабачки та гарбуз, нарізані скибочками 5-7 мм, які занурювали в кляр і смажили у глибокій сковороді з розігрітою кукурудзяною олією. Особливість кабачків і гарбуза полягає в тому, що після нагрівання в них відсутній приємний аромат, як у водному середовищі, так і в інших. Аналіз аромату готових продуктів проводили органолептичним методом після охолодження до кімнатної температури. Зразки для аналізу підготували у вигляді обсмаженого кляру без продукту з темпурного борошна та пшеничного (класичний кляр).

Органолептична оцінка та переважаючі дескриптори окремо обсмаженого кляру, кабачків і гарбуза в різних варіантах кляру показує, що формування аромату (за участю насіння льону, соєвих бобів та нуту) впливає на кінцевий запах продукту. Це пояснюється тим, що амінокислоти, які утворюються при змішуванні бобів сої та насіння льону в клярі, взаємодіють з крохмалем, що входить до складу темпурного борошна. У процесі обсмажування відбувається реакція Майяра, компоненти якої беруть участь в утворенні піразинів, що й спричиняє появу різних ароматів, таких як запах печива та попкорну, зокрема через утворення сполук, таких як 2-втор-бутил-3-метоксіпіразин і 2-ізопропілпіразин. Аромати пиріжків з цибулею виникають через зміну гексаналю, гексеналю, ноненалю та нонадієналю в темпурному клярі. У рибному та хлібному ароматах присутні амінокислоти, які є результатом реакцій ізомеризації компонентів насіння льону та нуту.

Однією з особливостей крохмалю в класичному клярі є його низька здатність до зв'язування аромату, тому під час обсмажування кабачків і гарбуза зберігається менш приємний запах. Кабачки та гарбузи викликають утворення схожих ароматів у готовому клярі з темпурного борошна. Таким чином, збільшення компонентів кляру дозволяє моделювати аромат готового продукту в межах дескрипторів «смажена риба», «пиріжковий», «печиво». Серед попередників аромату нами розглянута роль амінокислот. За дослідженнями О. Ламікарна та співавторів, особливість складу свіжих, нарізаних скибочками 3 мм плодів дині полягає в тому, що після двох днів зберігання за температури 20 °C загальний вміст амінокислот знижується приблизно на 40 % [122]. Найбільші втрати стосуються аспарагінової та глютамінової кислот, а також аспарагіну і глютаміну, у той час як інші амінокислоти, як аргінін, гістидін, пролін і фенілаланін, зменшуються меншою мірою. Втрата розчинних сухих речовин при цьому становить 17%. Відновлення аромату дині відбувається не через окисні ферментативні процеси, а при введенні джерел амінокислот. При використанні бобових, процес відновлення аромату дині стає більш ефективним, особливо з нутом. Хроматографічний аналіз підтвердив участь амінокислот у відновленні

ароматичних компонентів через 48 годин, при цьому з нутом цей процес відбувається значно повніше. Порівняння ароматичних компонентів у системі гомогенатів «диня-бобові» на хроматографі підтверджує участь амінокислот у відновленні ароматичних компонентів через 48 годин, але у різний спосіб (рис. 5.36, 5.37).

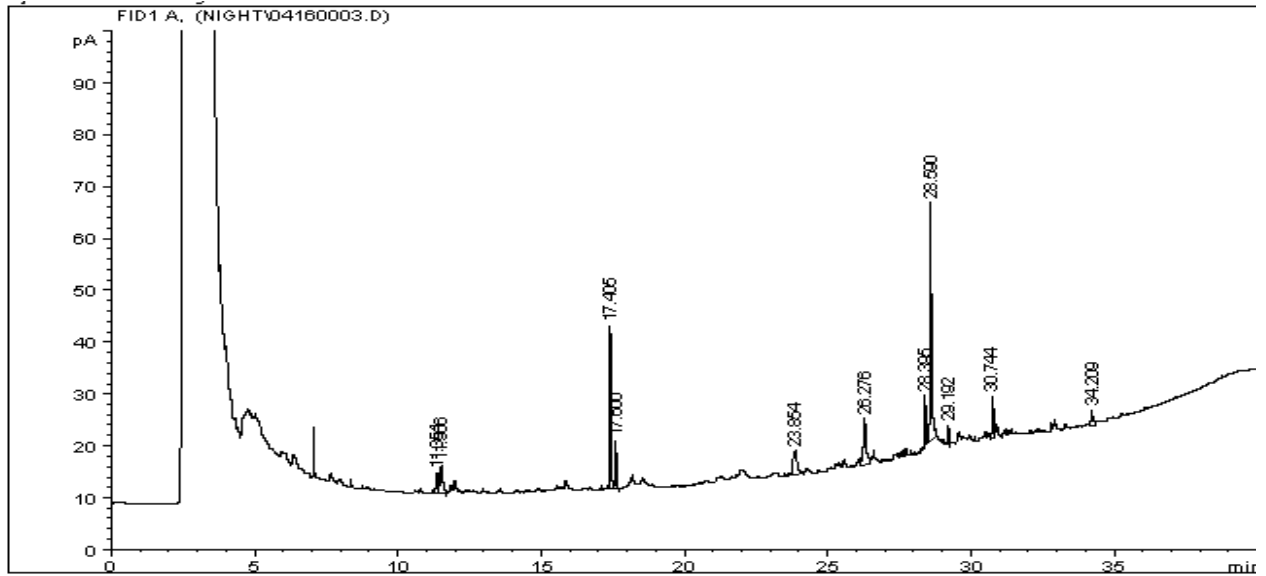


Рисунок 5.36 – Хроматограма парової фази комплексу «диня-нут»

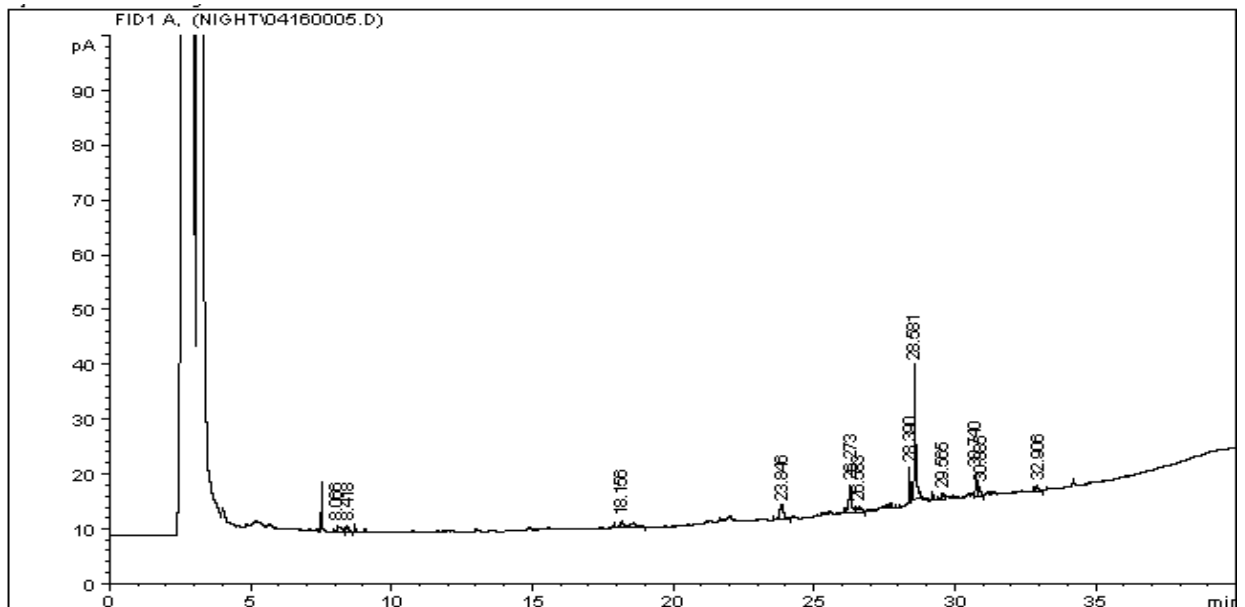


Рисунок 5.37 – Хроматограма парової фази комплексу «диня-квасоля»

Концентрація сполук у вільному газовому просторі над продуктом свідчить, що спорідненість до зв'язування карбонільних (ароматичних) компонентів бобовими культурами (квасоля, нут) проявляється по-різному.

Аналіз піків показав, що наонадіенол зберігся в обох зразках, хоча з квасолею у меншій мірі, а ноненаль, оксонональ і наонадіеналь були присутніми значною мірою тільки в зразках із нутом.

Наведені результати відновлення ароматичних компонентів у системі гомогенатів «диня-бобові» свідчать про участь амінокислот у збереженні та відновленні свіжого аромату дині шляхом компенсації їх із гомогенатів бобових. Властивості відновлення мають амінокислоти нуту, що надають продукту свіжого аромату протягом 48 годин.

Продукти з іншим амінокислотним складом, наприклад, квасоля, мають такі властивості в меншій мірі. Основні компоненти запаху утримуються не тільки завдяки необхідному амінокислотному набору, але і крохмалю. Пшеничне борошно, на відміну від темпурного, має меншу реакційну здатність у процесах утримання ароматичних компонентів. Компоненти темпурного борошна та гомогенат дині розширюють можливість вивчення процесів зв'язування ароматів у системі «вуглеводи-амінокислоти».

Аналізуючи амінокислотний склад бобових, можна сказати, що в квасолі та нуті значно переважають глютамінова й аспарагінова кислоти, а також лейцин і лізин. У квасолі майже в 2 рази більше, ніж у нуті, проліну та серину. За методикою визначення загальної кількості ароматичних речовин були отримані дані вмісту числа ароматів у сумішах «бобові-баштанні» (табл. 5.29).

Таблиця 5.29 – Число аромату досліджуваних об'єктів після змішування

Найменування показника	Число аромату, мл тіосульфату натрію/100г									
	Кавун	Диня	Нут	Квасоля	Суміш					
					диня : нут			кавун : квасоля		
					5:8	10:8	15:8	5:8	10:8	15:8
Число аромату	9,0	9,6	10,0	12,0	16,0	11,0	10,0	16,5	15,0	13,5

Приготування сумішей відбувалось так: очищені кавун і диню ретельно подрібнювали в блендері до утворення пюреподібної маси; нут і квасолі відварювали, охолоджували і також подрібнювали до однорідної маси. Потім

змішували кавун : квасолю та диню : нут у співвідношеннях 5 : 8, 10 : 8, 15 : 8 і визначали число ароматичних речовин у кожній з отриманих сумішей протягом 3-х годин, оскільки таким є термін зберігання фруктових холодних супів. Проведення вимірювань здійснювали протягом 3 годин для встановлення оптимального співвідношення кавун : квасоля та диня : нут, за якого число ароматів не буде зменшуватись (рис.5.38).

У результаті дослідів були отримані результати, які дають можливість стверджувати, що оптимальним співвідношенням баштанних культур до бобових є 5 : 8, оскільки число аромату протягом 3-х годин не змінювалось. Нут і квасоля мають більше число аромату порівняно з кавуном і динею, але цей показник є кількісним, а не якісним. За якісним і кількісним показником оптимальним є співвідношення дині до нуту або кавуна до квасолі 5 : 8. Збільшення кількості кавуна або дині не призводить до підвищення числа аромату, оскільки, як видно з табл. 6.12, число аромату в суміші зменшується за рахунок руйнування КС дині або кавуна (рис. 5.39, 5.40).

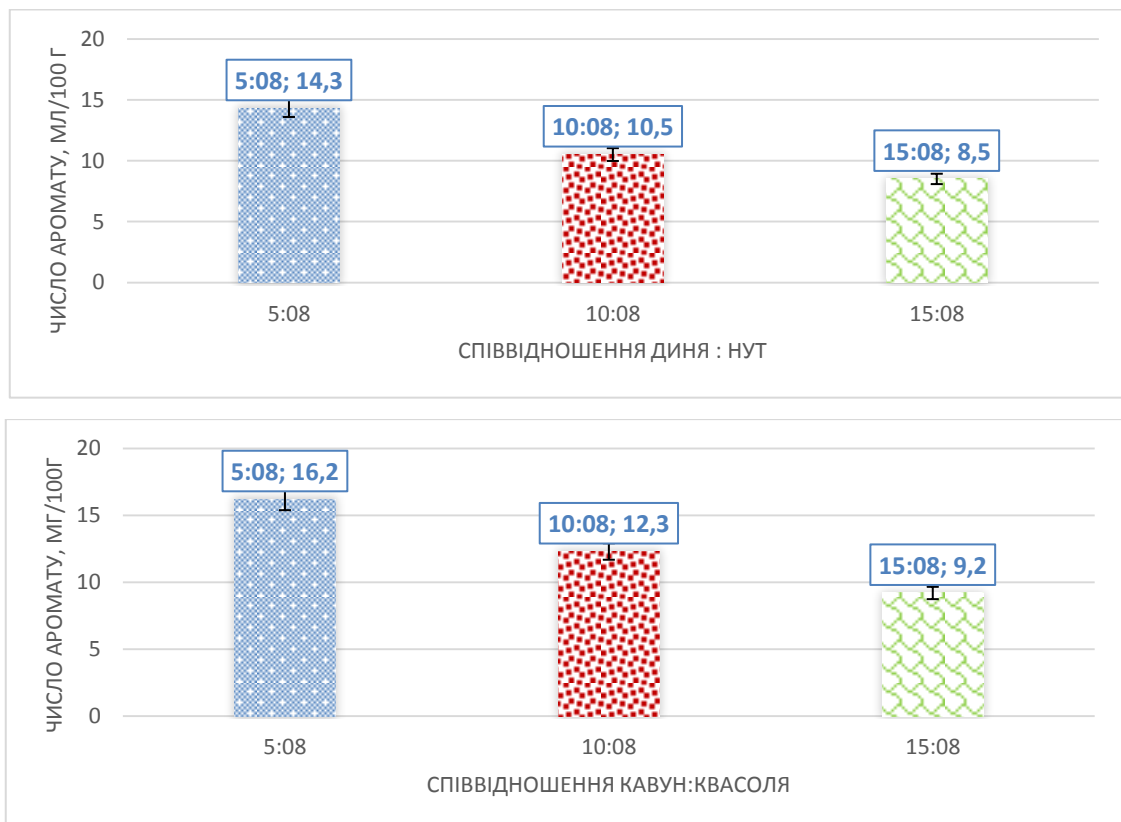


Рисунок 5.38 – Зміни числа аромату залежно від співвідношення диня : нут
(а) кавун : квасоля (б) після 3 годин витримки

Вишуканий смак та аромат супів, їх високі споживчі характеристики обумовили попит і замовлення на їх подальше виготовлення в закладах ресторанного господарства (рис. 5.39).



Рисунок 5.39 – Супи фруктові холодні, розроблені для дегустації

Порівнювали аромати фруктових супів зі свіжими зразками – контрольними (рис. 5.40).



Рисунок 5.40 – Профілограма аромату кавунових та динних супів порівняно зі свіжими зразками

Розроблені супи були представлені для дегустації під час свята професійної майстерності, що проходило у ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі». Рецептури супів, технологічні схеми виробництва наведені в розроблених ТУ і ТІ на виробництво фруктових супів, апробація технології проведена в ресторані «Зелена дубрава» (додаток АЖ).

Як видно з профілограми, у дослідних зразках були отримані кращі результати, ніж у контрольних, зокрема оцінку «5» отримали запахи «кавуновий» і «динний», тоді як у контрольних зразках таку оцінку мають

запахи «близький до динного та кавунового»; крім того, контрольні зразки мають відмінну оцінку трав'янистого та гарбузового запаху, що не відповідає даному виду супів.

5.7 Економічний та соціальний ефекти, показники якості та безпечності ароматизованої харчової продукції

Аналіз показників якості розроблених ароматизаторів проведений за узагальненим комплексним показником конкурентопридатності розробленої харчової продукції, який перевищує відповідне значення контролю. Для визначення узагальненого показника нами відокремлені властивості ароматизаторів (пять показників), які змінюються. Графовим методом побудовано модель конкурентопридатності (рис. 5.41).

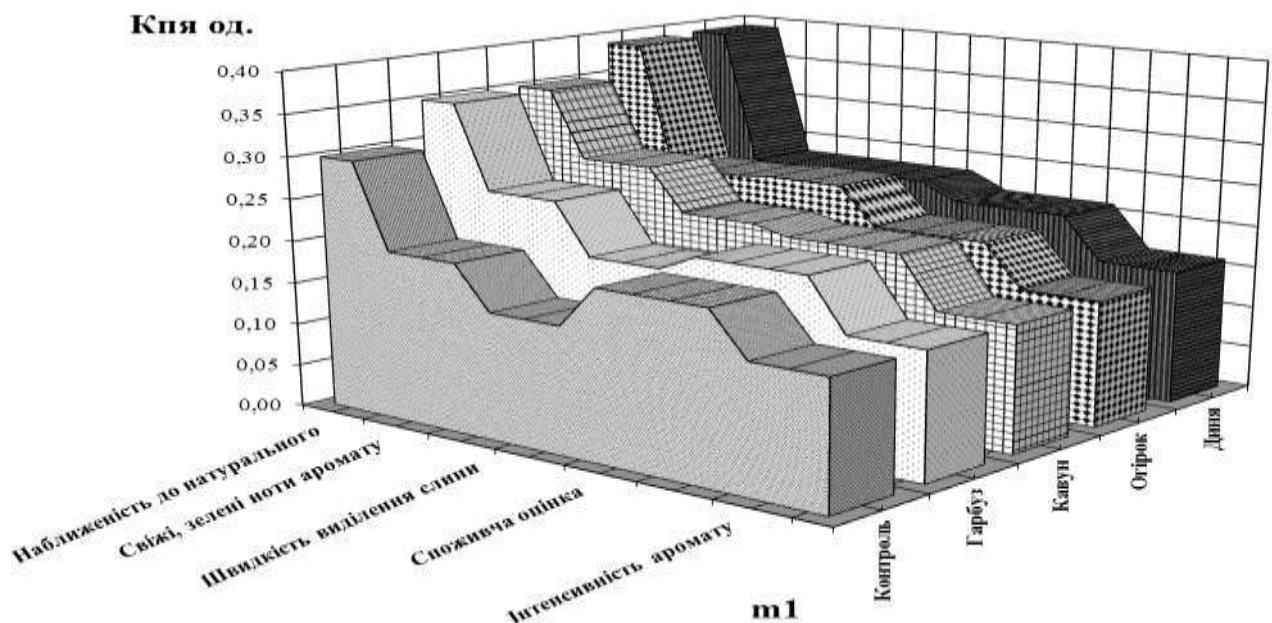


Рисунок 5.41 – Модель конкурентопридатності рідких ароматизаторів

Згідно з результатами, порівняно з контролем у кожному ароматизаторі збільшена наближеність аромату до плодового та відповідно збільшений відгук організму на аромат (за функцією слинних залоз). Показник інтенсивності аромату суттєво не збільшується, порівняно з контролем (після розведення контролю до рекомендованої концентрації). Свіжі ноти аромату збільшені у всіх зразках, крім дині, а споживча оцінка суттєво підвищена в усіх зразках крім огірка (переважають свіжі ноти). Комплексний показник конкурентопридатності

розробленої харчової продукції розраховували за методикою д. т. н., проф. Пересічного М. І. [528], дані наведені в табл. 5.30.

Таблиця 5.30 – Показники конкурентопридатності ароматизаторів

Коефіцієнт вагомості	Одиничні КПЯ						
	Показник якості	Контроль	Гарбуз	Кавун	Огірок	Диня	
0,2	2	Наближеність до натурального	0,30	0,35	0,35	0,39	0,39
			0,30	0,35	0,35	0,39	0,39
0,3	3	Свіжі, зелені ноти аромату	0,20	0,25	0,27	0,24	0,23
			0,20	0,25	0,27	0,24	0,23
			0,20	0,25	0,27	0,24	0,23
0,15	4	Швидкість виділення слини	0,15	0,19	0,22	0,24	0,23
			0,15	0,19	0,22	0,24	0,23
			0,15	0,19	0,22	0,24	0,23
0,2	1	Споживча оцінка	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21
			0,20	0,21	0,21	0,20	0,21
			0,20	0,21	0,21	0,20	0,21
			0,20	0,21	0,21	0,20	0,21
0,15	5	Інтенсивність аромату	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
			0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
			0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
1		Комплексний показник якості, од	1,00	2,85	2,77	2,78	2,70

Характеристику відновлених ароматів проводили двома способами: хроматографією і подальшою ідентифікацією компонентів, другим – накладення хроматограм до і після відновлення аромату. У плодах кавуна, огірка, гарбуза були використані м'якоть, ліпідний екстракт і дистилат. Обробка у вакуумі плодової кавунової м'якоті, що втратила аромат, призводить до відновлення аромату за рахунок взаємодій з попередниками до відчутної концентрації, що реєструється на хроматографі (рис.5.42).

Аналіз аромату відновлених ароматів плодів кавуна першим способом пов'язаний з активністю HPL. Відомо, що білкова молекула може фіксуватися у біпрошарку за допомогою різних типів взаємодій, включаючи електростатичні (на рівні полярних голівок ліпідів) та гідрофобні (у товщі біпрошарку). Під час нагрівання плодів у вакуумі (розрідження 6 ± 3 кПа, температура 32 ± 2 °C) суспендованих рослинних гомогенатів субстрат-ферментні взаємодії найбільш

інтенсивні через умови міжфазної активації, коли відбувається зміна рухливості, структури та просторового положення ліпідних доменів.

Для м'якоті кавуна використали також спосіб накладення хроматорам. Нами встановлено, що ефекти, які забезпечують полімолекулярну адсорбцію і біосинтез зеленого запаху GLVs у плодах з втраченим ароматом після теплової обробки, пов'язані з молекулами попередника, ферментами й активаторами. У кавунову м'якоть, з якої видалили клітинний сік і проварили протягом 15 хв, внесли комплекс ароматутворюючих ферментів (LOX, HPL) зі свіжої сировини, окисненої жирної кислоти, суміш піддали вакуумуванню (3-9 кПа). Аромат провареної плодової м'якоті відновлюється (рис. 5.42, крива 2) внаслідок швидких і чутливих реакцій і утворення відповідних компонентів. Порівняння наведено для свіжого зразка кавуна (рис. 5.42, крива 1).

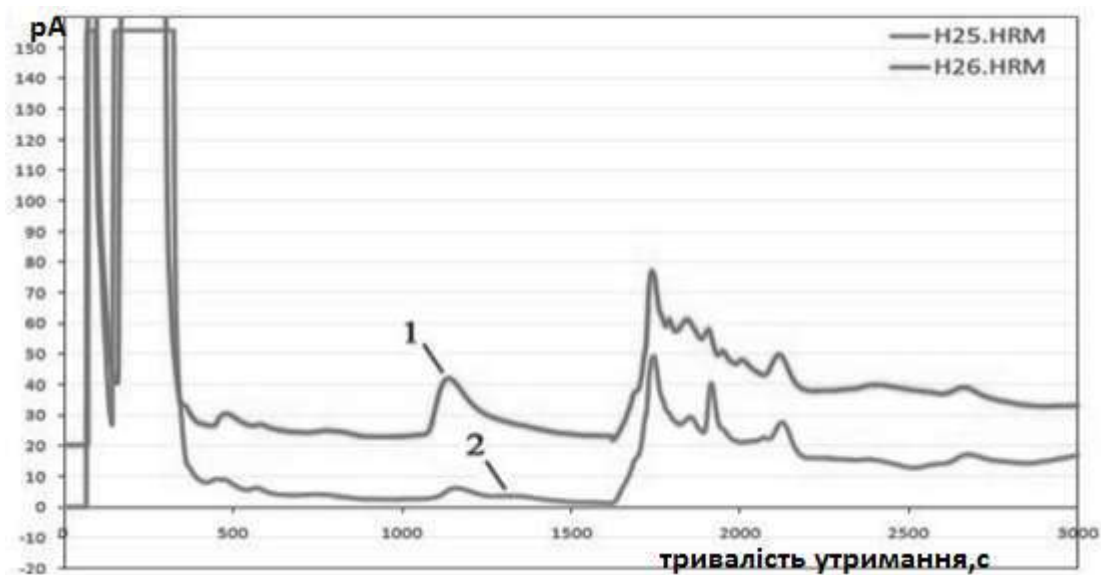


Рисунок 5.42 – Відновлення натурального аромату кавуна (1 – аромат свіжої м'якоті, 2 – аромат відновлений)

Згідно рис. 5.42 найбільш інтенсивне відновлення відбувається за КС (пікі між 1500-2000 с утримання). Відновлення аромату огірка в ліпідному екстракті, який отримували під час вакуумної обробки термооброблених огіркових кірок із ПНЖК-емульсією та соєвими LOX. Використання вакуумної обробки дозволяє спостерігати окиснювальне перетворення з мембранними HPL. На хроматограмі відновленого аромату огірка (розділ 3) ідентифіковані C_6 – C_9 альдегіди, кетони, похідні спирти, а також: бутаналь, 2-метіл-пентанова кислота, ефіри, (2-

гідроксіетіл ефір, 2-гідроксі-метіл ефіри, 2-фуранметіловий, бутіролактон, діацетат, 1-додеканамін, 5-дігідро-1,2,4- триазин та інші ароматичні компоненти, властиві свіжим плодам огірка.

Показана можливість використання природної альтернативи в якості харчових добавок для запобігання зростанню грибків і бактеріального обсіменіння. У деяких продуктах був продовжений і помітно збільшився термін придатності. Багато природних сполук, таких як феноли, альдегіди, органічні і кислоти, присутні в рослинних екстрактах і спеціях, показали антимікробні ефекти [529]. Крім того, встановлено протимікробні ефекти C_6 альдегідів, отриманих із рослинної тканини ліпоксигеназим шляхом окиснення. Токсичність C_6 альдегідів захищає поранену область від мікроорганізмів, викликаючи їх розпад. Зокрема, показана ефективність гексаналю як обмінного фунгіциду, взаємоперетворення з гексаналю інших ароматичних летких речовин мінімально [530]. Показані ефекти гексаналю, як компонента атмосфери упаковки, що впливає на термін придатності та на еволюцію природних популяцій мікроорганізмів у свіжих шматочках яблук під час зберігання за температури 4 і 15 °C [531]. Дослідження щодо вмісту та складу фракцій у насінні, плодах і листі, що містять альдегіди, показали гексаналь (C_6) і нонаналь (C_9) як найбільш активні сполуки серед коротколанцюгових альдегідів. Також Бісігнано Г. та інші (2001 р.) вивчали активність деяких із цих сполук проти ряду стандартних штамів бактерій, які можуть бути збудниками інфекційних захворювань [532].

На різних сортах кавуна Д. Болье було встановлена наявність основних компонентів: альдегідів, спиртів, кетону й одного фурану (2-пентил фуран, ліпідний продукт окиснення) [533]. На підставі загальної площі піків розраховано, що поширеними сполуками були спирт 3-нонен-1-ол, кетон 6-метил-5-гептен-2-он (2,7–7,7 %) та альдегіди: (E, Z)-2,6-нонадіеналь (16,5–28,2 %), (E)-2-ноненаль (10,6–22,5 %), (Z)-6-ноненаль (2,0–11,3 %), гексаналь був найпоширенішим (37,7 %). У дослідженні М. Перес-Камино і співавторів [534] насичені альдегіди не мають значної антибактеріальної активності, але ненасичені альдегіди показали широкий антимікробний спектр активності.

Іншими дослідженнями доведено, що альдегіди є найсильнішими інгібіторами росту і найбільш смертоносними до грибкових спор, міцелію і бактеріальних клітин. Середні мінімальні інгібуючі концентрації альдегідів, які були бактерицидними для розпаду мікроорганізмів, становили 0,28, 0,49 і 0,88 ммоль на чашку Петрі. Концентрація летючого з'єднання у вільному просторі чашки Петрі і його дифузія в середу в значній мірі визначала її ефективність проти розпаду мікроорганізмів. У порівнянні з альдегідами етанол не повністю пригнічував утворення спор; він повністю контролював тільки ріст міцелію [535, 536]. Зі збільшенням концентрації альдегідів (тривалість вилучення) і дії МВ поля цей ефект посилюється, оскільки доведено знезаражувальну дію НВЧ поля на харчові продукти [537].

З метою визначення впливу концентрації альдегідів на мікробіологічне обсіменіння отримували зразки дистилатів в МВС через 20, 30, 40, 50 хв: кожен зразок був проаналізований після 30 діб зберігання за температури 4 °С у герметичній тарі (табл.5.31). Контрольний зразок – кавунова м'якоть (біла та червона), не оброблена в МВС. Контрольний зразок на мікробіологічне обсіменіння був протестований після 5 діб зберігання.

Таблиця 5.31 – Аналіз дистилатів кавунової м'якоті білої і червоної (p=0,95)

Час вилучення	Кавунова м'якоть червона		Кавунова м'якоть біла	
	альдегіди, мг/100 г	мікробіологічне обсіменіння	альдегіди, мг/100 г	мікробіологічне обсіменіння
Контроль	22	10 колоній	50	4 колонії
20	10	7 колоній	30	2 колонії
30	12	7 колоній	32	1 колонія
40	17	5 колоній	34	1 колонія
50	20	3 колонії	40	1 колонія

Знезаражуючий вплив МВ поля (порівняно з контролем) і наявність С₆–С₉ альдегідів у дистилаті білої кавунової м'якоті дає знижене мікробіологічне обсіменіння та мікробіальну стійкість зразків. В білій м'якоті зосереджена більша кількість альдегідів порівняно із червоною м'якоттю. Підвищеним вмістом С₆–С₉ альдегідів характеризується паростки пшениці. Встановлений вплив С₆–С₉ альдегідів у конденсаті паростків пшениці на зменшення

мікробіологічного обсіменіння продуктів на сирній основі. З метою визначення якості та безпечності розроблених страв проведено дослідження мікробіологічних показників і порівняння їх із нормативними документами та з контрольним зразком «Сиркова паста із зеленою цибулею» (табл. 5.32, рис. 5.43, рис. 5.44).



«Сиркова паста із зеленою цибулею» (а) Закуска «Весняний подих» (б)

Рисунок 5.43 – Вміст МАФAM: а – зразок контрольний (відсутні С₆-С₉ альдегіди), б – зразок з використанням дистилляту (концентрація С₆-С₉ альдегідів 0,8±0,02 мг/100 г)



«Сиркова паста із зеленою цибулею» (а) Закуска «Весняний подих» (б)

Рисунок 5.44 – Вміст дріжджів: а – зразок контрольний (відсутні С₆-С₉ альдегіди), б – зразок з використанням дистилляту (концентрація С₆-С₉ альдегідів 0,8±0,02 мг/100 г)

Кількість бактеріального обсіменіння (МАФAM) при додаванні дистиллятів зменшується у три рази, а дріжджів – у 1,4 рази, тому додавання дистиллятів не лише покращує органолептичні, але й мікробіологічні показники готових страв. Результати дослідження свідчать про те, що розроблені страви мають кращі мікробіологічні показники порівняно зі стравою-аналогом. Дані дослідження підтверджують антисептичні властивості альдегідів.

Таблиця 5.32 – Мікробіологічні показники розроблених страв

Показник	Норма	Контроль	Закуска «Весняний подих»	Закуска «Вітамінна»
Загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ) КУО в 1 г/см ³	не нормується	3,2×10 ²	1×10 ²	1×10 ²
Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більше	100 згідно з ГОСТ 10444.12	100	70	75
Бактерії групи кишкової палички (коліформи) в 0,001 г продукту	не допускається згідно з ГОСТ 9225	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Харчові інгредієнти з властивостями ароматизатора (Food ingredient with flavouring properties) типу FTNF, що відрізняється від ароматизатора і може додаватися в харчові продукти з метою створення та/або модифікації ароматів і відповідно до «Регламенту Європейського парламенту і Ради з ароматизаторів» не підлягає токсикологічній оцінці для використання в харчовій промисловості. Контроль за безпекою здійснюється тільки в готових харчових продуктах, до яких вноситься харчовий інгредієнт, за відповідною документацією. Харчові інгредієнти з властивостями ароматизатора, що змінюються і розкриваються в продукті під час технологічної обробки та приготування були досліджені в Науково-виробничому підприємстві «Пол-ЕЙС» (м. Полтава). На підставі висновку (додаток АИ) використання харчових інгредієнтів з властивостями ароматизатора (попередники або плодові гомогенати) відповідає вимогам безпеки для здоров'я і може використовуватись з метою утворення та/або модифікації аромату. Результати з відновлення аромату були представлені у науковій лабораторії «Heals Sciences and Psychology» Єльського університету й отримали схвальний відгук (додаток АК) за такими позиціями:

- використання вакууму 6 ± 3 кПа активізує мембранозв'язані ферменти сировини та збільшує площу поверхні контакту у гідрофільно-гідрофобних взаємодіях;

- ліпоксигенази та гідропероксидліази, здатні відновлювати аромат, містяться в гомогенатах рослинної сировини та реакційноздатні до ПНЖК, бобових, висівках;

- попереднє охолодження сировини протягом 48–60 годин за $t = 5 \pm 1$ °C у холодильній камері доцільно проводити для зменшення лаг-періоду дії ферментів, у випадку, коли використовуються рослинні джерела HPL;

- обробка попередньо зневодненої сировини у МВ вивільняє попередники.

Особливої уваги заслуговує факт, що більшість компонентів, запропонованих у якості ароматизаторів, містяться у бобах сої, насінні льону, кавуна, дині, які мають використання у якості харчових добавок або запропоновані до вживання [538, 539]. Використання цих компонентів потребує додаткового посиленого фізичного впливу, як розрідження, НВЧ-енергія, не суперечить існуючим методам виробництва ароматизаторів, а лише доповнює їх [540].

Соціальний та економічний ефекти впровадження технологій ароматизації харчової продукції

Дієтичні продукти харчування – не єдина категорія продуктів, які мають обмежений органолептичний профіль. Соціальне значення нових продуктів ароматизації полягає у способі донесення необхідних ароматів (без додаткового використання або внесення добавок-ароматизаторів різних фірм). Ароматизовані продукти долають сенсорний дефіцит, пов'язаний зі зменшенням солі, цукру, жиру в харчових продуктах [541]. Соціальне значення нових способів ароматизації полягає у розробці продуктів харчування для дітей, літніх людей і людей, схильних до хронічних захворювань. Систематизація дієтичних страв дозволила в деякій мірі розділити їх на групи й надати рекомендації стосовно ароматизації (табл. 5.33). За рецептурою наведені страви не змінюються, а метод ароматизації не впливає на технологію їх приготування. Теоретичні положення утворення і відновлення ароматичних компонентів були покладені в основу технології продукції ресторанної галузі.

Таблиця 5.33 – Рекомендації стосовно ароматизації дієтичних страв

Категорія споживачів, які потребують спеціальної дієти або у стадії ремісії	Найменування страв	Спосіб ароматизації
Хворі на гепатит, ожиріння, панкреатит. Літні люди, вегани, прихильники здорового харчування	Супи на овочевих відварах, соуси, холодні фруктові супи, овочеve пюре	Спреї, піни, гідролати ароматизована сіль, сушена сировина
Хворі, які потребують дієти з кардіопротекторним та імуномодельюючим впливом	Желе та паштет з цибулі	Ароматизоване желе на желатині або агарі
Хворі з виразковою хворобою, диспепсичними явищами, які потребують дієти з гастропротекторним впливом та противиразковою дією	Напої з сиріо картоплі, грінки, пюреподібні страви з гарбуза	Ароматизовані олії, ароматизована сіль
Діти, хворі на функціональний розлад шлунку	Желе фруктове, холодні фруктові супи	Ароматизоване желе, холодні супи

Основні напрями розроблених технологій – отримання рідких і емульсійних ароматизаторів, відновлення втрачених ароматів у продукті. Кожен напрям є системою з різними підсистемами, пріоритетами, актуальністю та привабливістю для споживача й виробника (табл. 5.34).

Таблиця 5.34 – Характеристика розроблених напрямів ароматизації

Система	Підсистеми	Пріоритет	Актуальність	Привабливість
Рідкі ароматизатори	Конденсат	Додаткове джерело ароматичних компонентів	Свіжі компоненти, повний профіль	Удосконалення профілю ароматизаторів FTNF, WONF
	Концентрат конденсату	Повна ідентичність початковій сировині	Відновлення альдегідів із ацеталей	Нові композиції аромату в їжі, побутових ароматизаторах
	Сушена сировина	Використання крос-модальних сумішей	Нетрадиційні джерела (бадилля, листя)	Ароматизована сіль, продукти спеціального призначення
Емульсійні ароматизатори	Спреї	У рецептурі вітамін Д, хлорофіл, лікопін	Для продуктів зі зміненою рецептурою (без жиру, солі, цукру, або з пониженим вмістом)	Споживач ароматизує їжу самостійно на основі своїх відчуттів і наданих переваг. Альтернатива за способом внесення в/на продукт
	Піни			
Відновлення втрачених ароматів	Вакуумна обробка та охолодження	Використання потенціалу сировини після термообробки	Відсутність ненатуральних добавок	Свіжі кавунові, огіркові аромати в термооброблених продуктах
	Желатинові плівки	Продукти з «чистою етикеткою»	Імобілізація рослинних ферментів	Об'єднання технологічних операцій

Продовження табл.5.34

1	2	3	4	5
	Темпури	Амінокислоти нуту та квасолі в рецептурі	Розширення асортименту кулінарної продукції	Адаптація слов'янських продуктів і японських технологій приготування
	Автономний міксінг	Ароматизація перед споживанням	Розширення асортименту дієтичних страв	Покращення аромату страв лікувального призначення

Зазначені в табл. 5.34 ароматизатори можуть бути успішно використані як в ресторанах (піни, темпура, желатинові плівки), так і в закладах швидкого харчування (конденсати, спреї, оброблена сировина). Інновації з ароматизації орієнтовані на: якісне харчування (натуральні ароматизатори), економію часу (швидке приготування ароматизованих страв), відпочинок і розваги (темпури продукти), задоволення специфічних потреб (вегетаріанські страви, обмежувальна дієта), технічний розвиток фізичної хімії в процесах ароматизації. Рухаючись від ринку масових споживачів товарів (традиційні ресторани), заклади ресторанного господарства надають перевагу ринковим нішам (елітні ресторани) та закладам із низькими витратами та високим рівнем диференціювання [542].

Враховуючи незадовільний раціон українського населення, рекомендації лікарів-дієтологів, статистичні дані щодо вживання продуктів [543, 544], дієтичні та лікувальні страви періодично необхідні для багатьох українців. Для деяких дієт, як наприклад, ліпотропна, термін вживання спеціальних страв становить близько року. Враховуючи одноманітність більшості дієт, їх віддаленість від звичайних страв, нами вирішена задача, яка дозволяє притримуватись дієти з меншим психологічним навантаженням. Тому запропоновані методи ароматизації рекомендуємо для впровадження в санаторіях, профілакторіях, оздоровчих закладах, дитячих кафе та інших закладах ресторанного господарства. Використовуючи узагальнену систематизацію основних видів харчових продуктів за їх призначенням, запропоновану Сирохманом І. В., яка включає 4 групи і 18 видів, визначаємо цільове призначення розроблених методів збагачення органолептичного профілю [546], а саме:

- у штучно-структурованих харчових продуктах з добавками і збагачувачами замість натуральних для загального споживання;
- у продуктах дієтичного і лікувально-профілактичного призначення;
- у продуктах харчування для спеціальних груп населення (високобілкові продукти для людей з інтенсивним м'язовим навантаженням, для військовослужбовців та ін.).

У бойовій обстановці збільшується кількість щелепно-лицьових поранених і хворих та зростає роль щелепної й зондової дієт, у польових умовах широко застосовують консервовані і концентровані продукти, широко застосовуються сухі пайки [547], тому розробки з ароматизації харчової продукції спеціального призначення є затребуваними та корисними.

Розгляд питання отримання ароматизованих концентратів, продуктів із відновленими ароматами, оцінювання розроблених технологій, обговорення практичних аспектів, їх соціального значення відбулось під час конференцій, семінарів, круглих столів. Фахівцями з фізіології харчування, дієтологами відзначена важливість ароматизації дієтичних страв та запровадження нових підходів у галузі використання ароматизаторів. На підставі порівняльного аналізу існуючих ароматизованих продуктів і запропонованих рецептур були систематизовані основні результати для публікації монографії «Advances in Research on Food Aroma Recovery» та розробки перспективних напрямів застосування ароматизованих харчових продуктів, зокрема із застосуванням природних шляхів ароматоутворення та фізичними методами ароматизації (для сиродіння, безсольових продуктів, зі зміненою рецептурою (без жиру), збагачені біологічно активними компонентами).

Соціальне значення нових продуктів ароматизації полягає у способі донесення необхідних ароматів (без додаткового використання або внесення добавок-ароматизаторів різних фірм). Розгляд питання отримання ароматизованих концентратів, продуктів із відновленими ароматами, оцінювання розроблених технологій, обговорення практичних аспектів, а саме важливості розвитку фізичних методів отримання ароматизованої продукції, їх соціального

значення відбулось під час проходження стажування з клінічного харчування в лікарні Флориди (США) Health Celebration (додаток АЛ).

Ароматизовані продукти долають сенсорний дефіцит, пов'язаний зі зменшенням солі, цукру, жиру в харчових продуктах. Соціальне значення нових способів ароматизації полягає у розробці продуктів харчування для дітей, літніх людей і людей, схильних до хронічних захворювань. Дистилят гарбузовий використовувався для ароматизації повітря приміщень та отримав схвальну оцінку споживачів. Апробація результатів з ароматом гарбуза відбулась у мережі «Diamond resorts international» (додаток АМ). Технології апробовано та впроваджено на 17 підприємствах харчування України.

Для підприємств із постійним використанням установки МВС запропоновано економічний проект отримання дистилятів і їх впровадження (станом на 2016 рік). На ринку харчових інгредієнтів ароматизатори становлять його третю частину. За прогнозами експертів харчової галузі цей ринок у подальшому буде зростати приблизно на 11 % за наступні 5 років. Одночасно спостерігається тенденція до скорочення обсягів продажу синтетичних ароматизаторів, на заміну яким приходять натуральні харчові інгредієнти. У світовому бізнесі з харчовими гігантами тепер успішно ведуть боротьбу сотні малих підприємств. Ураховуючи ці тенденції, реалізація проектів з виробництва рідких ароматизаторів є актуальною, що зумовлює потребу у розрахунку ефективності реалізації проекту з виробництва рідких ароматизаторів для м'ясних виробів.

Життєвий цикл проекту є досить тривалим, і щоб оцінити його ефективність, необхідно в першу чергу зіставити вигоди та витрати, які виникають протягом нього. Одним із основних завдань проектного аналізу є встановлення цінності проекту, що визначається як різниця між вигодами та витратами проекту [548]. Під час аналізу ефективності проекту використовують такі показники: 1) сума інвестицій; 2) грошовий потік; 3) чиста теперішня вартість проекту (NPV); 4) термін окупності інвестицій; 5) внутрішня норма рентабельності (IRR); 6) коефіцієнт вигоди/витрати; 7) індекс прибутковості (PI).

Спочатку визначимо капітальні інвестиції, які необхідні для виробництва рідкого ароматизатора, а саме: витрати на підготовку приміщення (площею 20 м²); виготовлення устаткування для виробництва цього ароматизатора; закупку холодильників для зберігання сировини та пасток для ароматів; меблів і посуду, морозильної камери, що за ринковими цінами на 01.04.2016 р. може бути оцінено у середньому приблизно 110 900 грн (табл. 5.35).

Таблиця 5.35 – Капітальні інвестиції за проектом «Виробництва рідкого ароматизатора для м'ясних виробів на підприємстві «Панський двір»

№ з/п	Об'єкти інвестування (шт.)	Кількість, натур. од. виміру	Ціна, грн	Сума, грн
1	Оренда та переобладнання приміщення, грн	х	х	20 000
2	Холодильники	2	15 000	30 000
3	Пастки для ароматів	2	500	1 000
4	Мікрохвильова піч, шт.	1	4 500	4 500
5	Трубки з'єднувальні, шт.	х	х	2 500
6	Вакуумний насос	2	11 000	22 000
7	Столи виробничого призначення	2	4 000	8 000
8	Блендери	2	2 000	4 000
9	Залізні коробки (обшивка обладнання	2	2 500	5 000
10	Перехідники	х	х	900
11	Краплевлловлювачі	2	1 000	2 000
12	Ємності для ароматів	10	100	1 000
13	Морозильна камера	1	10 000	10 000
Усього капітальні інвестиції		х	х	110 900

Далі визначимо поточні витрати на виробництво рідкого ароматизатора для м'ясних виробів. Для обґрунтування інвестування проекту необхідно розуміти, що поточні витрати на виробництво рідкого ароматизатора є прямими/непрямими, змінними/постійними. Для розрахунку виробничої собівартості визначимо лише прямі витрати з розподілом їх на змінні та постійні, тобто розрахуємо неповну собівартість інноваційного продукту. Собівартість 1 мл рідкого ароматизатора для м'ясних виробів визначимо на прикладі його виробництва на підприємстві «Панський двір» (м. Комсомольськ) (табл. 5.36). При цьому візьмемо до уваги характер реагування витрат на зміну обсягів

діяльності. Прямі змінні витрати визначимо за один робочий день за умови максимального завантаження виробничих потужностей, що становить майже 15 кг сировини.

Таблиця 5.36 – Витрати на виробництво рідкого ароматизатора (4500 мл) для м'ясних виробів на підприємстві «Панський двір» (м. Комсомольськ)

№ з/п	Статті витрат	Кількість, натур. од. виміру	Ціна, грн	Сума, грн
1	Змінні прямі витрати:			
	Сировина, кг	15	x	x
	Транспортні витрати, грн/год	3	100	300
	Електроенергія, кВт/год	21	0,99	20
	Оплата праці			70
	ЄСВ, 22 %			15,2
	Усього змінні прямі витрати за день			405,2
	Усього змінні прямі витрати за місяць	21	x	8509,2
2	Постійні прямі витрати			
	Опалення приміщення			200
	Водопостачання і каналізація			120
	Освітлення приміщення			60
	Амортизація обладнання			1 848
	Усього постійні прямі витрати за місяць			2 228
	Усього поточні витрати за місяць			10737,2

Оскільки сировина є відходами ресторанного виробництва, то за домовленістю із ЗРГ м. Комсомольськ може бути отримана безкоштовно. Відповідно до чинного законодавства, до собівартості слід віднести транспортні витрати з доставки сировини із ресторанів до місця виробництва ароматизаторів, витрати на електроенергію та оплату праці з відповідними нарахуваннями. Так, щоденні витрати часу на транспортування будуть становити приблизно 3 год, що в сумі становить 300 грн (100 грн за годину роботи автомобіля).

Витрати електроенергії становитимуть приблизно 2–3 кВт/год, тобто за робочий день – 21 кВт/год або 20 грн (станом на 2016 рік). Оплата праці передбачається в мінімальному розмірі у розрахунку на одного робітника, тобто 1 378 грн на місяць або 70 грн за день. Нарахування ЄСВ становить 22 % від нарахованої заробітної плати, що становить 15 грн 20 коп. за день. Виходячи з цих розрахунків, прямі змінні витрати за один день роботи становитимуть 405 грн

20 коп., за місяць їх величина становитиме 8 509 грн 20 коп.

Прямі постійні витрати розрахуємо в середньому за місяць. Витрати за комунальні послуги підприємства на утримання приміщення приблизно 20 м² становлять: 200 грн на опалення, 60 грн на освітлення, 120 грн на водопостачання та каналізацію, усього – 380 грн. Амортизацію основних засобів розрахуємо прямолінійним методом. Амортизації підлягають приміщення цеху й устаткування. Строк корисного використання основних засобів становитиме 5 років, ліквідаційна вартість не визначається, тому витрати на амортизацію основних засобів, необхідних для виробництва даного ароматизатора можна розрахувати як 1 109 000 грн капітальних інвестицій, поділені на 5 років корисного використання, що становить 22 180 грн на рік або 1 848 грн на місяць. Усього прямі постійні витрати на місяць становитимуть 2 228 грн, а разом змінні та постійні поточні витрати – 10 737 грн 20 коп.

Отже, усього витрати на проект за рік з урахуванням капітальних інвестицій становитимуть в сумі 239 746 грн 40 коп.

Вихід готового продукту – рідкого ароматизатора – з 1 кг сировини становить 0,3 кг, отже, за робочий день за максимального завантаження устаткування може бути виготовлено $(15 \cdot 0,3) = 4,5$ кг (4500 мл) рідкого ароматизатора, за місяць – 94500 мл. Усього поточні витрати на виробництво рідкого ароматизатора власними силами на місяць становитимуть 10737,2 грн. Виробнича собівартість 1 мл рідкого ароматизатора за умов, що склалися на момент дослідження, становитиме близько 0,11 грн (приблизно 0,1136 грн). Станом на 1.06.2016 р. середня продажна ціна 1 мл рідкого ароматизатора на світовому ринку становить майже 0,01 долара США або 0,25 грн з урахуванням нинішнього курсу валют (тобто в 2,2 рази дорожче) (табл. 5.37).

Тобто, від продажу ароматизатора на ринку в кількості 94500 мл на місяць підприємство зможе отримати 23 625 грн доходу, при цьому чистий грошовий потік становитиме 12 887,8 грн, а рентабельність проекту – 18,2 %.

Таблиця 5.37 – Розрахунок окупності витрат за проектом «Виробництво рідкого ароматизатора для м'ясних виробів на підприємстві «Панський двір» (оптимістичний прогноз)

№ з/п	Показники	Кількість, натур. од. виміру	Ціна, грн	Сума, грн
1	Виробництво рідкого ароматизатора за місяць, мл	94 500	0,1136	10 737,20
2	Виробництво рідкого ароматизатора за рік, мл	1 134 000	0,1136	128846,40
3	Грошові потоки від реалізації рідкого ароматизатора за рік, мл	1 134 000	0,25	283 500,00
4	Витрати на проект за рік			239 746,40
5	Прибуток за рік			43 753,60
6	Рентабельність проекту, %			18,2 %

Якщо організувати виробництво рідкого ароматизатора не лише для власного виробництва м'ясних виробів, а й для продажу, то за один робочий день за максимального завантаження виробничих потужностей може бути отримано ароматизаторів за ринковою ціною на 1 125 грн, за місяць – на 23 625 грн, а за рік – на 283 500 грн. Отже, уже за рік витрати на проект окупляться 1,18 разів (283 500 грн / 239 746,4 грн).

Розглянемо інший сценарій: визначимо окупність даного проекту за умови нормального рівня рентабельності – 20 % (табл. 5.38).

Таблиця 5.38 – Розрахунок окупності витрат на проект «Виробництво рідкого ароматизатора для м'ясних виробів на підприємстві «Панський двір» (реалістичний прогноз)

№ з/п	Номенклатура статей витрат	Кількість, натур. од. виміру	Ціна, грн	Сума, грн
1	Виробництво рідкого ароматизатора за місяць, мл	94 500	0,1136	10 737,2
2	Грошові потоки від реалізації рідкого ароматизатора за рік, мл	1 134 000	0,1363	154 586,9
3	Витрати на проект за рік			239 746,4
4	Прибуток за рік			-85 159,5
5	Рентабельність проекту, %			-35,5 %

За умов встановлення продажної ціни на рідкий ароматизатор з рентабельністю 20 % грошові потоки від його реалізації становитимуть 154 586,9 грн, чистий грошовий потік – 85 159,5 грн, отже, за цих умов витрати на проект за рік не окупляться, проте вони можуть окупитися за 1,6 років (239 746,4/154 586,9).

Проте насправді ринок ароматизаторів в Україні набагато більший. Оскільки останнім часом існує тенденція до переходу м'ясопереробних підприємств на сухі ароматизатори, між тим статистичні дані про попит на рідкі ароматизатори збільшується. Зокрема, у 2014–2015 рр. попит на рідкі ароматизатори відповідної групи становив приблизно 25 тонн на рік. З урахуванням збільшення попиту на 3-30 % у 2015 р. реально попит на ароматизатори збільшився до 33–37 тонн на рік. Тому є підстави стверджувати, що розширення виробництва ароматизаторів, покриє існуючі потреби ринку. Сума доходу від продажу рідкого ароматизатора за середньою ринковою ціною (0,25 грн) у такій кількості становитиме 8 750 тис. грн.

Капітальні витрати були розраховані на максимальну потужність виробництва рідких ароматизаторів у кількості 1 134 000 мл на рік, тоді як виробництво можна розширити до 30 тонн на рік, тобто у 26,5 разів. За таких умов капітальні інвестиції та витрати теж необхідно збільшити у 26,5 разів, тобто вони становитимуть $(239\,746,4 * 26,5) = 6\,353\,279,6$ грн.

Далі розрахуємо деякі показники ефективності проекту з виробництва рідкого ароматизатора. Чиста теперішня вартість проекту розраховується як різниця між величиною грошового потоку, дисконтованого за прийнятної ставки дохідності та суми інвестицій. Ставка дисконту є ціною капіталу для підприємства і часто приймається на рівні відсоткової ставки кредитування. У 2016 р. облікова ставка НБУ прийнята на рівні 22 %, отже, середню відсоткову ставку за кредитами банків приймемо на рівні 30 %. За таких умов чиста вартість проекту буде становити:

$$8\,750\,000/(1+0,3) - 6\,353\,279,6/(1+0,3) = 6\,730\,769 - 4\,887\,138,2 = 1\,843\,630,8 \text{ (грн).}$$

Оскільки $NPV > 0$, запропонований інвестиційний проект є вигідним для підприємства-інвестора. Тільки за рік реалізації проекту грошовий потік не лише задовольнить наміри інвестора щодо покриття витрат, а й збільшить отримання прибутку.

Термін окупності інвестицій розраховується як відношення витрат і доходів за проектом: $6\,353\,279,6 / 8\,750\,000 = 0,726$ (років) або 265 днів.

Внутрішня норма рентабельності – це рівень ставки дисконтування, за якого чиста приведена вартість проекту за його життєвий цикл дорівнює нулю. IRR дорівнює максимальному проценту за позиками, який можна платити за використання необхідних ресурсів, залишаючись при цьому у точці беззбитковості. Розрахунок IRR проводиться методом послідовних наближень величини NPV до нуля за різних ставок дисконту. Отже, максимальний відсоток за позиками може становити приблизно 137,7 %.

Коефіцієнт вигоди/витрати розраховується як відношення дисконтованих доходів до дисконтованих витрат і становить: $6\,730\,769,4 / 4\,887\,138,2 = 1,38$. Отже, на 1 грн теперішньої вартості вкладених коштів у проект підприємство отримає 1,38 грн теперішньої вартості доходу. Індекс прибутковості розраховується як відношення вигід до витрат без урахування дисконтування: $8\,750\,000 \text{ грн} / 6\,353\,279,6 \text{ грн} = 1,38$. Отже, проект є прибутковим, оскільки рентабельність його становить 138 %.

Таким чином, реалізація проекту виробництва рідких ароматизаторів для м'ясних виробів є не лише актуальною, а й ефективною, про що свідчать усі розраховані економічні показники. Зокрема, за умови широкомасштабного виробництва рідкого ароматизатора відповідно до попиту, що склався на ринку харчових добавок, сума доходів від продажу рідких ароматизаторів може значно перевищити капітальні інвестиції, чиста теперішня вартість проекту не лише задовольнить наміри інвестора щодо покриття витрат, а й забезпечить отримання прибутку на 2 396 720,4 грн ($8\,750\,000 - 6\,353\,279,6$). Термін окупності інвестицій становить усього 265 днів, внутрішня норма рентабельності (IRR) свідчить про те, що максимальний відсоток за позиками (або максимальна вартість капіталу підприємства) може становити приблизно 137,7 %.

Розрахований коефіцієнт вигоди/витрати означає, що на 1 грн теперішньої вартості вкладених коштів у проект підприємство отримає 1,38 грн теперішньої вартості доходу. Індекс прибутковості (PI) становить 1,38, тобто рентабельність проекту є досить високою і становить 138 %.

Суттєвою конкурентною перевагою запровадження проекту є низька неповна собівартість виробництва рідкого ароматизатора, що становить за 1 мл майже 0,1136 грн або в 2,2 рази менше за середню ринкову ціну. За умов, якщо підприємство не має наміру організовувати виробництво рідкого ароматизатора для продажу, а лише використовувати його у власному виробництві м'ясних виробів, то дане управлінське рішення також призведе до суттєвого економічного ефекту завдяки відсутності транспортно-заготівельних витрат на закупку ароматизаторів за ринковими цінами. Це дозволить знизити собівартість власного виробництва м'ясних виробів і відповідно збільшити прибуток від їх реалізації, одночасно задовольняючи потреби споживачів у натуральному харчуванні.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Розроблена принципова технологічна схема утворення аромату із використанням потенціалу сировини, технологія ароматизації овочевих страв із використанням розробленого рослинного ферментного препарату.
2. Вибір періоду збору листя вишні та липи дозволяє досягти після ферментації максимального наближення до вишневого аромату або цвіту липи. Рослинні ароматоутворюючі ферменти листя липи мають більший вплив на аромат в період до цвітіння, ніж після цвітіння, а в листі вишні – після плодоносіння. Отримані результати дозволяють використати ферментоване листя вишні та липи для ароматичних екстрактів.
3. Розроблена технологія напоїв на основі картопляного соку, технології ароматизації емульсії та кулінарних страв на основі пророщеної пшениці, яка містить підвищену кількість компонентів GLV профілю. Технологічні параметри використання паростків обґрунтовані гістологічними дослідженнями.
4. Розроблена технологія ароматизованих продуктів з автономним міксіном, наведені економічні показники її запровадження, розроблена технологія отримання у МВС рідких ароматизаторів та обґрунтовані режими їх концентрування.
5. Показаний взаємозв'язок між попередньою обробкою попередників аромату, сенсорною характеристикою плодкових дистилятів, їх дисперсністю і рН середовища. Відновлення втрачених ароматів полягає в регулюванні рН середовища, в якому знаходяться нерозчинні частки дистилятів. У кислому середовищі (рН = 3) перетворення ацеталів огіркових дистилятів на альдегіди призводить до повноцінного відновлення свіжого запаху.
6. Представлена характеристика основних напрямів досліджень. Показано, що кожен напрям – це система з різними підсистемами, пріоритетами, актуальністю і привабливістю для споживача та виробника.
7. Розроблено способи отримання ароматизаторів у МВС і технології їх використання в крос-модальних системах рецептури ароматизованої солі

«Sol'ka». Розроблено технології отримання темпурних продуктів, соусів, желе, продуктів з відновленим ароматом; продуктів, ароматизованих емульсією з пророщеної пшениці, технологія продуктів зі свіжої деароматизованої цибулі для систематичного вживання з лікувально-профілактичною метою.

8. Проаналізований соціальний ефект розроблених технологій ароматизації, надані пропозиції щодо їх застосування. Термін окупності інвестицій становить 265 днів, внутрішня норма рентабельності (IRR) свідчить про те, що максимальний відсоток за позиками (або максимальна вартість капіталу підприємства) може становити приблизно 137,7 %. Індекс прибутковості (PI) становить 1,38, тобто рентабельність проекту досить висока – 138 %. Також суттєвим економічним ефектом є низька неповна собівартість виробництва 1 мл рідкого ароматизатора, що становить майже 0,1136 грн або в 2,2 рази дешевше за середню ринкову ціну, що є суттєвою конкурентною перевагою.

Основні результати розділу опубліковані у працях: [6,7,14-17, 21-23, 27, 33, 34, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 48-52, 57- 59, 63-66, 68, 70, 71, 76].

Літературні джерела до розділу 5

449. Van Dijk M., Morley T., Rau M. L., Saghai Y. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010-2050. *Nature Food*. 2021. 2(7). 494-501.
450. Rodgers S. Technological innovation supporting different food production philosophies in the food service sectors. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 2008. Vol. 20. № 1. P. 19-34.
451. Gómez-Cortés P., Juárez M., de la Fuente M. A. Fatty Acids. In *Handbook of Dairy Foods Analysis*. CRC Press, 2021. P. 235-259.
452. Ganeshpurkar A., Kumar D., Singh S. K. Strategies for the synthesis of hydroxamic acids. *Current Organic Synthesis*. 2018. 15(2), 154-165.
453. Lončarić M., Strelec I., Moslavac T., Šubarić D., Pavić V., Molnar M. Lipoxygenase inhibition by plant extracts. *Biomolecules*, 2021.11(2), 152.
454. Christie W. W., Harwood J. L. Oxidation of polyunsaturated fatty acids to produce lipid mediators. *Essays in biochemistry*. 2020. 64(3). 401-421.
455. Sharma A., Dutta P. P. Scientific and technological aspects of tea drying and withering: A review. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2018. 20(4). 210-220.
456. Liang Z., et al. Glycosidically bound aroma precursors in fruits: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. 62(1). 215-243.
457. Musiienko M.M. Plant physiology. 2nd edition. Kyiv: Lybid, 2005. 808 p.
458. Babenko L.M., Shcherbatiuk M.M., Kosakivska I.V. Lipoxygenase activity and rhizomes ultrastructure of vegetative and generative shoots of *Equisetum arvense* L. *Studia Biologica*. 2015. 9(1). 153-62.
459. Vincenti S., Mariani M., Alberti J.C., Jacopini S., Brunini-Bronzini de Caraffa V., Berti L., et al. Biocatalytic synthesis of natural green leaf volatiles using the lipoxygenase metabolic pathway. *Catalysts*. 2019. Oct 22.9(10). 873.

460. Araji S., Grammer T.A., Gertzen R., Anderson S.D., Mikulic-Petkovsek M., Veberic R., et al. Novel roles for the polyphenol oxidase enzyme in secondary metabolism and the regulation of cell death in walnut. *Plant Physiol.* 2014 Mar. 164(3). 1191-203.
461. Shi J., Wu W., Zhang Y., Baldermann S., Peng Q., Wang J., et al. Comprehensive analysis of carotenoid constituents in purplecoloured leaves and carotenoid-derived aroma differences after processing into green, black, and white tea. *LWT.* 2023. 173. 114286.
462. Semenikhin A.V., Sukhovieiev V.V., Patyka M.V., Lukach V.S. The effect of exogenous factors on the polyenzymatic activity of RuBisCO and ATP synthase of chloroplasts from pea leaves. *J Org Pharm Chem.* 2021.19(3). P. 21-7.
463. Simão A.A., Santos M.A.I., Fraguas R.M., Braga M.A., Marques T.R., Duarte M.H., et al. Antioxidants and chlorophyll in cassava leaves at three plant ages. *Afr J Agric Res.* 2013. 8(28). 3724-30.
464. Baumgertel A., Loebbers A., Kreis W. Buckwheat as a source for the herbal drug *Fagopyri herba*: rutin content and activity of flavonoid-degrading enzymes during plant development. *Eur J Plant Sci Biotechnol.* 2010. 4(1). P.82-6.
465. Zhang S. Recent advances of polyphenol oxidases in plants. *Molecules.* 2023. 28(5). P. 2158.
466. Skrinchuk OY, Vasenda MM, Marchyshyn SM. Technological aspects of obtaining dense extracts from leaves of *Crambe koktebelica* and *Crambe cordifolia*. In proceedings of Conference Modern achievements in pharmaceutical science for the development and standardization of medicinal products and dietary supplements containing natural components, 2022 Apr 8. Kharkiv. p. 82-3.
467. Knapp H., Straubinger M., Stingl C., Winterhalter P. Analysis of norisoprenoid aroma precursors. In: Carotenoid-derived aroma compounds. Chapter 2. American Chemical Society, 2001. p. 20-35.
468. Melnychuk M.D., Likhanov A.F., Kovalenko T.M., Klyuvadenko A.A. Secondary metabolites and their role in plant adaptation and defense systems. Vinnytsia: Vinnytsia National Agrarian University, 2022. 192 p.

469. Rasool F., Uzair M., Naeem M.K., Rehman N., Afroz A., Shah H., et al. Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) genes family in wheat (*Triticum aestivum* L.): Genome-wide characterization and expression profiling. *Agronomy*. 2021.11(12). 2511.
470. Michalík M., Poliak P., Lukeš V., Klein E. From phenols to quinones: Thermodynamics of radical scavenging activity of para-substituted phenols. *Phytochemistry*. 2019.166. 112077.
471. León J., Castillo M.C., Gayubas B. The hypoxia–reoxygenation stress in plants. *J Exp Bot*. 2021.72(16). P.5841-856.
472. Esquível M.G., Pinto T.S., Marín-Navarro J., Moreno J. Substitution of tyrosine residues at the aromatic cluster around the β A- β B loop of rubisco small subunit affects the structural stability of the enzyme and the in vivo degradation under stress conditions. *Biochemistry*. 2006. 45(18). P. 5745-53.
473. Makrushin M.M., Makrushina Y.M., Peterson N.V., Melnykov M.M. Plant physiology. Vinnytsia: Nova Knyha, 2006. 416 p.
474. Kong J., Yang X., Zuo X., Su X., Hu B., Liang X. High-quality instant black tea manufactured using fresh tea leaves by twostage submerged enzymatic processing. *Food Sci Hum Wellness*. 2022. 11(3). P. 676-85.
475. Милославський Д. К. Особливості лікувально-профілактичного харчування при гастроентерологічній патології, яка перебігає на тлі провідних хвороб цивілізації. *Сучасна гастроентерологія*. 2016. № 5. С. 108-117.
476. Ярославська Л. П., Загородній В. В. Проблеми здорового харчування молоді. Інновації та технології в сфері послуг та харчування. 2020. № 1. С. 73-81.
477. Картоотека страв для санаторно-курортних закладів (нові аспекти опрацювання) / за ред. В.І.Пономаренка. Київ, 2006. 552 с.
478. Тележенко Л. М., Колесніченко С. Л., Верхівкер Я. Г. Органічне харчування. *Екологічний вісник*. 2013. № 1. С. 20-21.
479. Chrubasik S., Boyko T., Filippov Y., Torda T. Further evidence on the effectiveness of potato juice in dyspeptic complaints. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy & Phytopharmacology*. 2006. 13(8), 596-598.

480. Vlachoianis J. E., Cameron M., Chrubasik S. Medicinal use of potato-derived products: a systematic review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*. 2010. 24(2). P. 159-162.
481. Kowalczewski P. Ł., Olejnik A., Białas W., Rybicka I., Zielińska-Dawidziak M., Siger A., Lewandowicz G. The nutritional value and biological activity of concentrated protein fraction of potato juice. *Nutrients*. 2019. 11(7). 1523.
482. Hellmann H., Goyer A., Navarre D. A. Antioxidants in potatoes: A functional view on one of the major food crops worldwide. *Molecules*. 2021. 26(9). 2446
483. Chrubasik S., Chrubasik C., Torda T., Madisch A. Efficacy and tolerability of potato juice in dyspeptic patients: A pilot study. *Phytomedicine*, 2006. 13(1-2), 11-15.
484. Samaniego I., Espin S., Cuesta X., Arias V., Rubio A., Llerena W., Carrillo W. Analysis of environmental conditions effect in the phytochemical composition of potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. *Plants*. 2020. 9(7). P. 815.
485. Chun O. K., Kim D. O., Smith N., Schroeder D., Han J. T., Lee C. Y. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005. 85(10). 1715-1724.
486. Kössler, P., Fuchs, N. Method for the production of potato juice products by means of food technology. *U.S. Patent No. 7,378,117*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. 2008.
487. Friedman M. Chemistry and anticarcinogenic mechanisms of glycoalkaloids produced by eggplants, potatoes, and tomatoes. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2015. 63(13). 3323-3337.
488. Singh J., Kaur L. (Eds.). *Advances in potato chemistry and technology*. First edition. Elsevier Inc. 2009. 506 p.
489. Farmaki T., Sanmartin M., Jimenez P., Paneque M., Sanz C., Vancanneyt G., Leon J., Sanchez-Serrano J.J. Differential distribution of the lipoxygenase pathway

- enzymes within potato chloroplasts. *Journal of Experimental Botany*. 2006. 58(3). P.555-68.
490. Collins J. K., Wu G., Perkins-Veazie P., Spears K., Claypool P. L., Baker R. A., Clevidence B. A. Watermelon consumption increases plasma arginine concentrations in adults. *Nutrition*. 2007. Vol. 23, № 3. P. 261–266.
491. Савинський С. В., патент МПК В65D 39/00, u200901768 «Фасувально-закупорювальна машина для ємностей автономного міксингу». 2009.
492. Guichard E. Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Reviews International*. 2002. Т. 18. №. 1. С. 49-70.
493. Доценко В. Ф., Арпуль О. В., Усатюк О. М. Інноваційні методи кулінарного оброблення продукції ресторанного господарства (Частина I). Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2013. (51). С. 115-121.
494. Verlinden S. Microgreens: Definitions, product types, and production practices. *Horticultural reviews*, 2020. 47. P. 85-124.
495. Waliat S., Arshad M. S., Hanif H., Ejaz A., Khalid W., Kauser S., Al-Farga A. A review on bioactive compounds in sprouts: extraction techniques, food application and health functionality. *International Journal of Food Properties*, 2023. 26(1), 647–665.
496. Vega-Mercado H., Góngora-Nieto M. M., Barbosa-Cánovas G. V. Advances in dehydration of foods. *Journal of food engineering*. 2001. Т. 49. №. 4. С. 271-289.
497. Omre P. K., Singh S., Singh S. Waste utilization of fruits and vegetables-A review. *South Asian J. Food Technol. Environ*, 2018. 4. С. 605-615.
498. Martínez R., Torres P., Meneses M. A., Figueroa J. G. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*. 2012. Т. 135. № 3. С. 1520-1526.
499. She M. Concentration of Flavor Distillates and Extracts by Pervaporation (Doctoral dissertation). University of Cincinnati, 2005. 193 p.

500. Barbieri S., Elustondo M., Urbicain M. Retention of aroma compounds in basil dried with low pressure superheated steam. *Journal of food engineering*. 2004. № 65(1). C. 109-115.
501. González-Cavieres L., Pérez-Won M., Tabilo-Munizaga G., Jara-Quijada E., Díaz-Álvarez R., Lemus-Mondaca R. Advances in vacuum microwave drying (VMD) systems for food products. *Trends in Food Science & Technology*, 2021. 116. C. 626-638.
502. Gonzalez-Rivera, José, et al. In situ microwave assisted extraction of clove buds to isolate essential oil, polyphenols, and lignocellulosic compounds. *Industrial Crops and Products*. 2021. 161. P. 113203.
503. Beceanu D., Niculaua M., Moraru I., Anghel R. M. Studies regarding the quality of certain fruit distillates in correlation with the analytical data and sensorial assessment . *Agronom Res Mold*. 2010. № 144(4). C. 61-77.
504. Nevo O., Ayasse M. Fruit scent: biochemistry, ecological function, and evolution. *Co-evolution of secondary metabolites*. 2020. 403-425.
505. Role of ethylene in the biosynthetic pathway of aliphatic ester aroma volatiles in Charentais Cantaloupe melons / F.Flores, F. El Yahyaoui, G.De Billerbeck та ін. *Journal of Experimental Botany*. 2002. № 53(367). C. 201-206.
506. An U. Using instrumental and sensory analysis to investigate the flavor of different cucumber varieties and the impact on lemon flavored water. Texas Woman's University, 2020. 53 c.
507. Guentert M. The flavour and fragrance industry – past, present, and future. *Flavours and Fragrances*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. C. 1-14.
508. Palma-Harris C., McFeeters R. F., Fleming H. P. Solid-phase microextraction (SPME) technique for measurement of generation of fresh cucumber flavor compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2001. 49(9), 4203-4207.
509. Euston S. R., Hughes P., Naser M. A., Westacott R. E. Comparison of the adsorbed conformation of barley lipid transfer protein at the decane – water and vacuum-water interface: a molecular dynamics simulation. *Biomacromolecules*, 2008. 9(5). C. 1443-1453.

510. Panuszko A., Bruździak P., Śmiechowski M., Stasiulewicz M., Stefaniak J., Stangret J. DMSO hydration redefined: Unraveling the hydrophobic hydration of solutes with a mixed hydrophilic–hydrophobic characteristic. *Journal of Molecular Liquids*. 2019. 294, 111661.
511. Rego N. B., Patel A. J. Understanding hydrophobic effects: Insights from water density fluctuations. *Annual Review of Condensed Matter Physics*, 2022. 13. 303-324.
512. Khurana M., Yin Z., Linga P. A review of clathrate hydrate nucleation. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2017. 5(12). 11176-11203.
513. Bovo B., Nardi T., Fontana F., Carlot M., Giacomini A., Corich V. Acidification of grape marc for alcoholic beverage production: effects on indigenous microflora and aroma profile after distillation. *International journal of food microbiology*, 2012. 152(3). С. 100-106.
514. Szudera-Kończal K., Myszka K., Kubiak P., Drabińska N., Majcher M. A. The combined effect of lactic acid bacteria and *Galactomyces geotrichum* fermentation on the aroma composition of sour whey. *Molecules*. 2023. 28(11). 4308.
515. Kuhn J. Studies on interactions of milk proteins with flavour compounds. Dr. diss., Palmerston North, New Zealand, 2007. 230 p.
516. Mennah-Govela Y. A., Bornhorst G. M. Breakdown mechanisms of whey protein gels during dynamic in vitro gastric digestion. *Food & function*. 2021. 12(5). P. 2112-2125.
517. Grumet Rebecca, et al. "Genetic resources and vulnerabilities of major cucurbit crops. *Genes*. 2021. 12.8 P. 1222.
518. Погарская В.В. и др. Активация гидрофильных свойств каротиноидов растительного сырья: монография. Харьков, 2013. 345 с.
519. Кишенько І. І. Технологія м'яса та м'ясопродуктів. Практикум : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2010. 367 с.
520. Бараболя О., Куш Л., Дудник С., Дубова Г. Розробка технології виробів з субпродуктів та гарбуза для крафтового виробництва. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. №1. С.52-57.

521. Shang X. L., Liu C. Y., Dong H. Y., Peng H. H., Zhu Z. Y. Extraction, purification, structural characterization, and antioxidant activity of polysaccharides from Wheat Bran. *Journal of Molecular Structure*, 2021. 1233. C. 130096.
522. Králová M. The effect of lipid oxidation on the quality of meat and meat products. *Maso Int. J. Food Sci. Technol.* 2015. 2. P. 125-132.
523. Дубініна А. А. Товарознавство вторинної сировини. Навчальний посібник. Київ:Видавничий дім «Професіонал», 2009. 336 с.
524. Song Dong-Heon, et al. Edible films on meat and meat products. *Coatings*. 2021. 11(11). P. 1344.
525. Abdelhedi Ola, et al. Food applications of bioactive marine gelatin films. *Current Opinion in Food Science* 2022. 43. P. 206-215.
526. Parashar, Poonam, et al. "Gelatin-based nanomaterials in drug delivery and biomedical applications." *Biopolymer-Based Nanomaterials in Drug Delivery and Biomedical Applications*. Academic Press, 2021. 407-426.
527. Дубова Г. Є., Левчук І. В., Голубець О. В. Ароматизація темпурних продуктів. *Харчова промисловість*. 2014. № 16. С. 9–14.
528. Пересічний М.І. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія за ред. д-ра техн. наук, проф. М.І.Пересічного. – 2-ге вид., переробл. та допов.- Київ.нац.торг-екон. ун-т, 2012. 1116 с.
529. Oulahal N., Degraeve P. Phenolic-rich plant extracts with antimicrobial activity: an alternative to food preservatives and biocides?. *Frontiers in Microbiology*. 2022. 12. 753518.
530. Zhang S., Zheng M., Zhai H., Lyu Y., Hu Y., Cai J. Effects of hexanal fumigation on fungal spoilage and grain quality of stored wheat. *Grain & Oil Science and Technology*. 2021. 4(1). C. 10-17.
531. Corbo M.R., Lanciotti R., Gardini F., Sinigaglia M., Guerzoni M.E. Effects of hexanal, trans-2-hexenal and storage temperature on shelf life of fresh sliced apples. *J. Agric. Food Chem.* 2000. 48. P. 2401–2408.

532. In vitro antibacterial activity of some aliphatic aldehydes from *Olea europaea* L / G.Bisignano, M. G.Laganà, D.Trombetta та ін. *FEMS Microbiology Letters*. 2001. T. 198. №. 1. C. 9-13.
533. Beaulieu J. C., Lea J. M. Characterization and semiquantitative analysis of volatiles in seedless watermelon varieties using solid-phase microextraction. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 2006. T. 54. №. 20. C. 7789-7793.
534. Pérez-Camino M. C., Gómez-Coca R. B., Moreda W., Pérez-Camino M. C. Update on aliphatic aldehydes in lipid foods. *New Developments in Aldehydes Research*, ed. by Torrioni L and Pescasseroli E. Nova, Hauppauge, NY. 2013. C. 81-99.
535. Krusong W., Pothimon R., Vichitraka A. Inhibitory impact of vapor-phase ethanol on conidia germination and mycelial growth of *Aspergillus fumigatus* on bread. *Food control*. 2019. 95. 165-169.
536. Utama I. M. S. et al. In vitro efficacy of plant volatiles for inhibiting the growth of fruit and vegetable decay microorganisms // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2002. T. 50. №. 22. C. 6371-6377.
537. Guzik P., Kulawik P., Zając M., Migdał W. (Microwave applications in the food industry: An overview of recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022. 62(29), 7989-8008.
538. Çağındı Ö., Akca E. E., Köse E. Melon seed: A nutritionally valuable by-product and its effects on cake quality. *Food Chemistry*, 2023. 427, 136679.
539. El-Adawy T. A., Taha K. M. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin, and paprika seed oils and flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. T. 49. №. 3. C. 1253-1259.
540. Lee B. H. *Fundamentals of food biotechnology*. John Wiley & Sons, 2014. 549 c.
541. Salta D., Du X. Role of Flavor in Health and Wellness Food Products. In *Flavor-Associated Applications in Health and Wellness Food Products* . Cham: Springer International Publishing. 2024. P. 21-46.

542. П'ятницька Г., Григоренко О., Найдюк В. Інноваційний потенціал розвитку підприємств ресторанного господарства в Україні. *Товари і ринки*. 2013. № 2. С. 29-43.
543. П'ятницька Г. Т., П'ятницька Н. О. Інноваційні ресторани технології: основи теорії: навч. посіб. для вищ. навч. закл. Київ: Кондор-Видавництво. 2013. 250 с.
544. Здорове харчування: збірник матеріалів для працівників системи охорони здоров'я / укл.: В.В. Брич, В.Й. Білак-Лук'янчук, Г.О. Слабкий, І.Я. Гуцол, Н.Й. Потокій. Ужгород, 2020. 64 с
545. Сімахіна Г. О. Науменко Н. В. Харчування як основна складова системи оздоровлення: точки зору Аюрведи і вітчизняної нутриціології. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 22. № 6. С. 117-125.
546. Сірохман І.В., Завгородня В.М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч.пос. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 544 с.
547. Товма Л., Морозов І. Методика формування раціонів харчування для військовослужбовців з індивідуальними потребами. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*, 2022. (40). С. 84-93.
548. Чевганова В. Я. Биба В.В., Скрильник А. С. Проектний аналіз : навч. посіб. Київ: «Центр учбової літератури», 2014. 258 с.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена наукова концепція нового підходу до ароматизації та умов керування ферментативними ароматотвірними реакціями рослинної сировини (*in vitro*) та макроміцетів *Hericium erinaceus* IBK-977, *Lentinula edodes* IBK 2541, *Ganoderma lucidum* IBK-1621 в умовах чистих культур шляхом впливу на попередники аромату. За основу концепції прийнято, що в термообробленій рослинній сировині (баштанні плоди, полуниця) або свіжій (цибуля, картопля, листя дерев, ягід) попередники аромату вступають в реакції з ферментами рослинного походження. Джерелами комплексу рослинних ароматотвірних ферментів можуть бути екстракти сировини у свіжому вигляді, а також з бобів сої, маш, насіння гірчиці.

2. Встановлено, що за фотостимуляції біосинтетичної активності при глибинному культивуванні їстівних грибів *H. erinaceus* IBK-977, *L. edodes* IBK 2541, *G. lucidum* IBK-1621 спостерігаються зміни кількісного і якісного складу жирних кислот та летких ароматичних компонентів. Найбільші зміни аромату відбувалися при обробці 530 нм: вміст ароматичних речовин збільшився у 25 разів у біомасі та у 38,5 разів у культуральній рідині для *L. edodes*, що пов'язано зі збільшенням вмісту поліненасичених жирних кислот в оброблених зразках.

3. Встановлено, що пшеничні висівки, введені як добавка у рідке поживне середовище при культивуванні *Pleurotus ostreatus*, ініціюють утворення грибного аромату: у культуральній рідині вміст 1-октен-3-олу збільшився у 1,4 рази, а загальна кількість АР у міцелії зросла у 1,7 рази щодо контролю. Одночасно встановлений різний характер розподілу попередників аромату у міцелії та культуральній рідині. Фотостимуляція синтетичної активності лікарського макроміцету *Inonotus obliquus* IBK-1877 спричиняє зменшення ароматичних речовин в міцелії, збільшення – в культуральній рідині; поєднання фотостимуляції посівного міцелію *G. lucidum* й обробки колоїдним розчином

наночастинок Ag, Fe, Mg негативно впливають на утворення летких ароматичних компонентів з попередників ліпідної природи.

4. Встановлено, що збільшення виходу ароматичних речовин (АР) у дистиляті та висушуваній у вакуумі рослинній сировині відбувається при попередньому зменшенні вологовмісту. Внесення хлориду натрію у концентрації 12 ± 3 % сприяє видаленню вологи з грибів гливи, білої кавунової м'якоті та більш ефективним реакціям ароматоутворення за рахунок зменшення гідратного прошарку між рослинними ферментами та попередниками аромату.

5. Визначено умови впливу на попередники ароматичних рослинної сировини: охолодження ($t = 1..5$ ° C, 36-48 год), вакуумування (6 ± 3 кПа), мікрохвильова дія (0,6 кВт), комбіновано (мікрохвильове нагрівання і вакуумування). За дії розрідження має місце розширення локальної ділянки поверхні ліпідного шару, що впливає на зменшення гідродинамічного діаметру до нанометрового діапазону 10-100 нм і збільшення відсотку частинок з такими розмірами. Встановлено, що зменшення розмірів ліпідних попередників аромату від 5000 до 1000 нм при обробці рослинної сировини дозволяє збільшити площу поверхню контакту з гідрофільними ферментами, що відновлюють аромат.

6. Встановлено, що гарбузові плоди мають потенціал для відновлення аромату з попередників. Показано достатню кількість ПНЖК для відтворення природних процесів утворення аромату *in vitro*. Відновлення аромату реалізоване за рахунок ферментативних реакцій, які призводять до збільшення карбонільних сполук C₆-C₉.

7. Встановлено, що у плодах, оброблених гідротермічно або заморожуванням, утворюється різна кількість продуктів окиснення ліпідів: у гарбузових плодах їх кількість збільшується у 1,5-2 рази, а окисно-відновний потенціал та антиоксидантна активність знижується порівняно зі свіжими плодами та з іншою рослинною сировиною. Доведено, що дрібні плоди зі стабільною антиоксидантною системою (вишня, слива) після термообробки

мають підвищення значення ОВП на 30-40 mV, у той же час баштанні плоди мають тенденцію до зниження ОВП на 30 ± 10 mV.

8. Встановлено, що ферментативне утворення аромату *in vitro* з попередників ліпідної природи за ліпоксигеназним шляхом можливе без попереднього виділення та очищення рослинних ферментів: комплекс ферментів бобів сої, маш діє одночасно за принципом «каскадних реакцій» з посиленням утворенням аромату при дії механоактивації. Показано антисептичні властивості продуктів із вмістом C_6-C_9 альдегідів $0,8 \pm 0,02$ мг/100 г (бактеріальне обсіменіння зменшується в 3 рази, а дріжджі – у 1,4 рази).

9. Екстрактивні речовини рослин імбиру, хрону, гірчиці, зеленого, чорного чаю є інгібіторами рослинних ароматотвірних ферментів цибулі. Гальмування ферментативного утворення аромату цибулі відбувається за участю комплексу рослинних ферментів порошку гірчиці (переважно мірозінази), хрону (переважно поліфенолоксидази), танінами чорного та зеленого чаю, складовими компонентами імбиру. На перебіг ферментативних реакцій компонентів соку сирого картоплі впливає зміна рН середовища, зв'язування поліфенолів картоплі білками сироватки, неконкурентне інгібування картопляних ліпоксигеназ плазмою кавуна і томатів.

10. Доведено ефективність використання желатинових розчинів для міжфазної активації (або деактивації) реакцій ферментів з попередниками аромату, для забезпечення притягування часток, іммобілізації рослинних ферментів, збільшення площі поверхні контакту в системі. Умовою ефективною міжмолекулярної взаємодії є внесення екстракту ферментів у желатиновий розчин температурою $40 \pm 2^\circ C$.

11. Доведено, що вибір періоду збору листя вишні та липи дозволяє досягти після ферментації максимального наближення до вишневого аромату або цвіту липи. Рослинні ароматотвірні ферменти листя липи мають більший вплив на аромат в період до цвітіння, ніж після цвітіння, а в листі вишні – після плодоношення. Участь рослинних ферментів в утворенні специфічного аромату

ферментованого листя з попередників відкриває нові джерела для отримання ароматизаторів.

12. На основі одержаних результатів розроблено науково-практичні рекомендації щодо виготовлення ароматизованих харчових продуктів: з автономним міксіном, піни, желе, сіль, напої, соуси, гідролати, наповнювачі та начинки, емульсії та ін. Соціальне значення нових способів ароматизації полягає у збагаченні ароматичного профілю страв та розширенні асортименту продуктів функціонального призначення. Технологія отримання дистилятів (гідролатів) є економічно вигідною – рентабельність проекту становить 138 %.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Список опублікованих праць за темою дисертації

Монографія:

1. **Dubova N. Ye.** Advances in Research on Food Aroma Recovery: monograph 2nd edition. Poltava: PUET, 2017. 187 p.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Безусов А. Т., **Дубова Г. Е.**, Кривошей О.И. Новая технология получения ароматических веществ. *Харчова наука і технологія*. 2008. № 4 (5). С. 35–38. (здобувачу належить планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
3. **Дубова Г. Е.** Роль ферментов в образовании аромата пищевых продуктов. *Харчова наука і технологія*. 2009. № 3 (8). С. 42–45.
4. **Дубова Г. Є.**, Кривошей О. І., Бичков Я. М. Отримання порошкоподібної овочевої сировини з подальшим виготовленням напоїв. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. Вип. 20. С. 201–206. (здобувачу належить ідея, планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
5. **Дубова Г. Є.** Ферментативне відновлення аромату концентрованого кавунового соку. *Харчова наука і технологія*. 2009. № 4 (9). С. 28–30.
6. **Дубова Г. Є.** Комбінований спосіб концентрування натуральних ароматичних речовин. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. Вип. 23. С. 172–179.
7. **Дубова Г. Е.** Ароматизация гомогенизированных продуктов. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2010. Вип. 38. Т. 2. С. 48–51.
8. **Дубова Г. Є.** Умови використання попередників ароматичних сполук. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. Вип. 26. С. 362–367.
9. **Дубова Г. Є.** Дослідження шляхів відновлення ароматичних сполук. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2011. Вип. 40. Т. 2. С. 47–51.
10. **Дубова Г. Є.** Біокаталіз у процесах ароматизації рослинної сировини. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*: зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2011. Вип. 1 (13). С. 214–220.
11. **Дубова Г. Є.**, Овчіннікова С. О. Визначення карбонільних сполук у харчових продуктах. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі* : зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2012. Вип. 2 (16). С. 214–220. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків).
12. **Дубова Г. Е.**, Безусов А. Т. Научные основы восстановления естественных ароматов в пищевых продуктах. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2012. Вип. 42. Т. 2. С. 33–38.
13. **Дубова Г. Є.** Відновлення аромату кави в мікрохвильовому полі. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. праць. Донецьк:

- ДонНУЕТ, 2013. Вип. 30. С. 347–351.
14. **Дубова Г. Є.**, Левченко Ю. М. Ароматизація виробів з капусти. *Харчова наука і технологія*, 2013. № 4 (21). С. 60–63. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
 15. **Дубова Г. Є.**, Безусов А. Т., Мельник О. І. Особливості технології харчової ароматизованої солі. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2013. Вип. 44. Т. 2. С. 33–37. (здобувачу належить розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
 16. **Дубова Г. Є.** Перспективи використання растительных гомогенатов в качестве ароматизаторов. *Харчова наука і технологія*, 2013. № 4 (25). С. 62–64.
 17. **Дубова Г. Є.**, Левчук І. В., Голубець О. В. Ароматизація темпурних продуктів. *Харчова промисловість*. 2014. № 16. С. 9–14. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, написання статті).
 18. **Дубова Г. Є.** Характеристика продуктів окиснення ліпідів у реакціях утворення ароматів. *Харчова промисловість*. 2015. № 18. С. 38–42.
 19. Сукманов В. О., Маринін А. І., **Дубова Г. Є.**, Куш Л. І. Дослідження характеристик мембранних ліпідів плодової сировини у процесі відновлення аромату. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки*, 2016. (1), 8-14. **категорія Б** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
 20. Sukmanov V., Marynin A., **Dubova H.**, Bezusov A., Voskoboinik V. Study of aroma formation from lipids of the fruit raw material. *Ukrainian Food Journal*. 2016. Vol. 5. Issue 4. P. 629–643. Doi: 10.24263/2304-974X-2016-5-4-3. **(WoS)** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
 21. **Dubova H. Ye.**, Yegorov B.V., Bezusov A.T., Voskoboinyk V. I. Study of factors affecting development of food aromatization. *Food Science and Technology*. 2017. № 3 (11). С. 17-24. <https://doi.org/10.15673/fst.v11i3.603>. **(WoS)** (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів, написання статті).
 22. Синенко Т.П., **Дубова Г.Є.** Характеристика ароматичних дескрипторів продуктів ректифікації молочної сироватки. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі* : зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2019. С.63-74. **категорія Б** (здобувачу належить розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків).
 23. Synenko T., Bezusov A., **Dubova H.** Research on whey aroma precursors in the technology of flavoured culinary foam. *Food science and technology*. 2020. Vol. 14, Issue 1. P. 70-80. doi.org/10.15673/fst.v14i1.1648. **(WoS, фахове видання категорії А)** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування

експериментів, аналіз результатів, формулювання висновків).

24. Lou W., Bezusov A., Li B., **Dubova H.** Recent advances in studying tannic acid and its interaction with proteins and polysaccharides. *Food science and technology*. 2019. Vol. 13, Issue 3. P. 65-69. doi.org/10.15673/fst.v13i3.1452. **(WoS, фахове видання категорії А)** (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів).
25. **Dubova H.**, Dotsenko N., Mykchaylova O., Poyedinok N. Study of aromatic components in the course of initiating enzymatic reactions in the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Food science and technology*. 2021. Том 15 № 4. С.12-21. doi.org/10.15673/fst.v15i4.2254. **(WoS, фахове видання категорії А)**. (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів, написання статті).
26. **Дубова Г. Є.**, Безусов А. Т., Білошицька О. К., Поєдинок Н. Л. Застосування попередників ароматув харчовій рослинній сировині: біотехнологічний аспект. *Innov Biosyst Bioeng*. 2022. Vol.6 (3-4). С. 94-109. doi.org/10.20535/ibb.2022.6.3-4.267094 **(Scopus Q3, фахове видання категорії А)** (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів, написання статті).
27. Бараболя О., Куш Л., Дудник С., **Дубова Г.** Розробка технології виробів з субпродуктів та гарбуза для крафтового виробництва. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. №1. С.52-57. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-52-57. **категорія Б** (здобувачу належить ідея, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів).
28. **Дубова Г. Є.**, Левчук І.В., Галкін О.Ю., Хмельницька Є.В., Поєдинок Н. Л. Нові підходи до використання рослинних ароматотвірних ферментів. *Innov Biosyst Bioeng*. 2023. Vol.7 (2). С. 42-59 doi.org/10.20535/ibb.2023.7.2.279550 **(Scopus Q3, фахове видання категорії А)** (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).

Статті у наукових виданнях інших держав

29. Bezysov A. T., **Dubova H. E.**, Nikitchsna T. I. Biotechnological potential of vegetable raw materials and their effective applying in foods. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. Year IV. 2015. № 6. P. 39–44. (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка частини результатів, написання частини статті).
30. Bezysov A. T., **Dubova H. E.**, Rogova N. V. New methods of plant selection for food aroma recovery aided by oxidation processes. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*. Vol. 19, Issue 2 (Dec. 2015). P. 15–26. https://doi.org/10.1515/aucft-2015-0011 **(Scopus Q3)** (здобувачу належить розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
31. Mykchaylova O., **Dubova H.**, Lomberg M., Negriyko A., Poyedinok N. Influence of low-intensity light on the biosynthetic activity of the edible medicinal mushroom *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. in vitro. *Archives of Biological*

Sciences, 2023. 75(4), 489-501. doi.org/10.2298/ABS230821040M (**Scopus Q3**) (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка частини результатів).

32. Mykchaylova O., Dubova H., Negriyko A. et al. Photoregulation of the biosynthetic activity of the edible medicinal mushroom *Lentinula edodes* in vitro. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2024. DOI: 10.1007/s43630-023-00529-8 (**Scopus Q2**) (здобувачу належить проведення частини експериментів, аналіз та обробка частини результатів).
33. Dubova H., Levchuk I., Holubets O., Miroshnikov V. Fermentation Technology Of Leaves For Flavored Drinks. *Proceedings Of University Of Ruse. Razgrad*. 2022, vol. 61. book 10.2. P. 16-21. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).

Патент на винахід

34. Дубова Г. Є., Овчиннікова С. О. Спосіб відновлення свіжого аромату в харчовому продукті: патент на винахід 110149 Україна: МПК С12N 11/18 (2006.01), А23L 1/22 (2006.01), А23L 1/23 (2006.01); № а 201404298; заявл. 8.04.14; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22 (особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).

Патенти України на корисну модель

35. Дубова Г. Є., Кривошей О. І. Спосіб отримання порошкоподібної овочевої сировини з подальшим виготовленням напоїв. Патент на корисну модель 39265 Україна МПК А23L 1/025 (2006.01), А23Р 1/06 (2006.01), А23В 7/02 (2006.01). № и 2008 07472, заявл. 8.04.08, опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4 (особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).
36. Дубова Г. Є., Антюхова О. М., Рогова А. Л. Спосіб виробництва поліфункціональної солодової добавки та борошняних виробів з її використанням: пат 44630 Україна: МПК⁷ А21D 2/38 (2006.01), А21D 8/02(2006.01); № и 200904128; заявл. 27.04.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19 (особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).
37. Дубова Г. Є., Мельник О. І. Спосіб отримання соковмісного напою «Калинонька» з використанням натуральних ароматизаторів: пат. 44535 Україна: МПК⁷ А23L 2/02; № и 2009 04409; заявл. 8.04.09, опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19. (особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).
38. Дубова Г. Є., Чол Т. Й. Спосіб отримання кавунового желе із збереженням натурального аромату: пат. 53939 Україна: МПК⁷ А23L 1/06; № и 201004093; заявл. 8.04.10; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. (особистий внесок: розробка формули,

опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).

39. **Дубова Г. Є.**, Бондаренко Я. В Спосіб отримання солодкого супу «Тропічна лагуна» із збереженням натурального аромату: пат 67712 Україна: МПК⁷ A23L 1/39; № u2011 04409; заявл. 11.04.11; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*
40. **Дубова Г. Є.**, Овчиннікова С. О. Спосіб визначення карбонільних сполук в паровій фазі харчового продукту: пат 78188 Україна: МПК⁷ G01N 33/48; № u 201210608; заявл. 10.09.12, опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5. *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*
41. Шевченко О.Ю., Сукманов В.О., **Дубова Г.Є.**, Свінціцька А.І. Спосіб утворення натурального ароматизатора із похідних вищих ненасичених жирних кислот: пат. 133014 Україна: МПК С 12N 9/00, С12N 11/18; u201809120; заявл. 12.09.18, опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6 *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*
42. **Дубова Г.Є.** Спосіб обробки м'ясних субпродуктів (легень, мозку) для покращення аромату готових виробів з їх використанням: пат. 149318 Україна: МПК A23L 13/00, A23L 33/00; № u202103776; заявл. 2.07.2021, опубл. 3.11.2021, Бюл. № 44.
43. **Дубова Г.Є.**, Чернявська О.В., Поєдинок Н.Л., Галкін О. Ю., Будник Н. В., Кайнаш А. П. Спосіб ферментативного перетворення аромату цибулі: пат. № 154357: МПК A23L 33/00, A23L 5/20; № u 2023 01337; заявл. 30.03.2023, опубл. 8.11.2023, Бюл. № 45 *(особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, планування і проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту).*

Тези, доповіді на наукових конференціях

44. **Дубова Г. Є.**, Кривошей О. І. Перспективний спосіб зневоднення овочевої сировини. *Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини*: всеукр. наук.-практ. конференція, 31 жовтня 2008 р. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2008. С. 17–18. *(Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).*
45. **Дубова Г. Є.**, Кривошей О. І. Технологія соковмісного напою «Калинонька» з використанням натуральних ароматизаторів. *Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства*: зб. тез доповідей. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. С. 154–156. *(Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).*
46. **Дубова Г. Є.**, Дмитриков В. П. Спосіб збереження ароматичних речовин в консервованих соках і пюре. Підсумки науково-дослідної роботи: матеріали наук.-практ. конференції проф.-викл. складу за 2009 рік, 21–22 квітня 2010 р.

- Полтава: РВВ ПДАА, 2010. С. 234–236. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
47. **Дубова Г. Є., Єнько О. С.** Визначення параметрів активності ароматичних речовин. *Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття*: міжнар. наук.-практ. конференція, 21 жовтня 2010 р. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2010. С. 329–330. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
48. **Дубова Г. Є., Вишар Д. М.** Технологія виробництва натуральних підсилювачів та ароматизаторів. *Нові технології та обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 26 квітня 2012 р. Полтава: ПУЕТ, 2012. С. 20–22. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
49. **Дубова Г. Є., Мельник О. І.** Саногенез і аромат харчових продуктів. *Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування*: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції ХДУХТ 13–14 травня 2013 р. Харків: ХДУХТ, 2013. С. 125–126. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
50. **Дубова Г. Є.** Реакції утворення аромату фруктових приправ. *Нові технології та обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 23 травня 2013 р. Полтава: ПУЕТ, 2013. С. 4–6.
51. **Дубова Г. Є.** Можливості мікросомального окислення в реакціях синтезу ароматичних компонентів. *Нові технології і обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 20 березня 2014 р. Полтава: ПУЕТ, 2014. С. 13–15.
52. **Безусов А. Т., Дубова Г. Е.** Особенности продуктов с восстановленным ароматом. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість, безпека*: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції, 28–29 травня 2015 р. Київ: НУХТ, 2015. С. 13–15. (*Здобувачу належить обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
53. **Дубова Г. Е.** Развитие инноваций в технологии ароматических концентратов. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку харчових виробництв, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу*: тези доп. міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 40-річчю заснування факультету ХТГРТБ (м. Полтава, 20–21 листопада 2014 р.). Полтава: ПУЕТ, 2015. С. 142–144.
54. **Дубова Г. Е., Овчинникова С. А., Роговая Н. В.** Получение ароматических концентратов и перспективы их использования. *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві*: міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція, 12–14 листопада 2014 р.; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2014. С. 221–223. (*Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез*).
55. **Bezysov A. T., Dubova H. E., Rogova N. V.** New Aspects in the Technology of

- Aromatic Components Formation *Special issue of Journal of EcoAgriTourism*. Transilvania University Press, 2015. P. 97. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
56. Sukmanov V., Birca A., Marinin A., Zakharevich V., **Dubova G**, Melnik O. Studies of properties of triacylglycerides in the plant raw material after heat treatment. *NUTRICON 2015. Food Quality and Safety, Health and Nutrition*. Skopje, Republic of Macedonia, 2015. P. 33–34. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
57. **Дубова Г. Є.**, Рогова Н. В., Мельник О. І. Оцінка ароматичного напрямку рослин за анатомічною будовою. *Нові технології і обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 14 квітня 2016 р. Полтава: ПУЕТ, 2016. С. 9–12. (Здобувачу належить ідея, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
58. **Dubova G.**, Sukmanov V, Krukoves L., Prokhorenko Z. Study of volatile biosynthesis condition the emulsion flavors. *8th Central European Congress on Food 2016 Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts*. 23–26 May 2016. K.: NUFT, 2016. P. 251. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
59. **Дубова Г. Є.**, Мельник О. І. Використання рослинної нетрадиційної сировини для ароматизації харчових продуктів. *Нові технології і обладнання харчових виробництв*: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару 6 квітня 2017 р. Полтава: ПУЕТ, 2017. С. 10–12. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
60. Скикевич М. Г., Волошина Л. И., **Дубова Г. Е.**, Куц Л. И. Особенности влияния ароматизаторов на секреторную функцию слюнных желез. Сучасна стоматологія та щелепно-лицева хірургія: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції 12 травня 2017 р. Київ: НАМУ, 2017. С. 145–147. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
61. **Дубова Г.Є.**, Оберемок В.М., Єльніков А.С. Підвищення виходу ароматизаторів GLV профілю для продуктів оздоровчої дії. *Захищене та здорове покоління*: збірник тез доповідей Міжвузівського круглого столу, присвяченого Всесвітньому дню охорони праці (м. Полтава, 27 квітня 2018 року). Полтава: ПУЕТ, 2018. С. 11-13. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
62. **Дубова Г.Є.** Дослідження ліпідів рослинної сировини. *Збірник наукових праць науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2020 році* (м. Полтава, 14 травня 2021 року). Полтава: РВВ ПДАА, 2021. С. 284-286 с.
63. **Дубова Г. Є.**, Прокопенко В. Вплив антиоксидантів на реакції утворення

- ароматів в умовах гідротермічної обробки сировини. *Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв*: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. 21 груд., 2021 р. Полтава: ПДАУ, 2021. С. 16-18. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
64. Poyedinok N.L., Galkin O.Yu., Negriyko A.M., **Dubova H.Ye.** Increased synthesis of biologically active components of medicinal mushrooms. The International research and practice conference “*Nanotechnology and nanomaterials*” (NANO-2022). Abstract Book of participants of the International research and practice conference, 25–27 August 2022, Lviv. Kyiv: LLC APF Polygraph Service, 2022. P. 283. (Здобувачу належить обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
65. **Dubova H.**, Levchuk I., Holubets O., Miroshnikov V. Fermentation Technology Of Leaves For Flavored Drinks. 61 st Annual Science Conference of Ruse University «*New Industries, Digital Economy, Society - Projections Of The Future V*». Ruse, Razgrad, Silistra. 2022. P.475. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
66. **Дубова Г. Є.**, Мірошніков В. О., Петрашенко А. В. Фактори впливу на смакові характеристики нутріцевтиків з сирої картоплі та цибулі. *Хімія природних сполук: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю* (м. Тернопіль, 27-28 жовтня 2022 р.). Тернопіль: ТНМУ, 2022. 187 с. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
67. Гулій І.А., Сахацька А.О., **Дубова Г.Є.** Розробка експрес-методу визначення карбонільних сполук в харчових середовищах. *Якість і безпека харчових продуктів: матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 9-10 жовтня 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023. 187 с. (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).
68. **Дубова Г.**, Поєдинок Н., Климченко М. Розроблення технології напоїв із соком сирої картоплі. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 16 листопада 2023 р., м. Київ. К.: НУХТ, 2023. с.80-82 (Здобувачу належить ідея, постановка задачі та експерименту, участь в експерименті, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, написання тез).

Публікації, що додатково відображають наукові результати дисертації

69. Кривошей О. І., **Дубова Г. Є.**, Арендаренко В. М. Експериментальне дослідження процесів мікрохвильового сушіння овочевої сировини під вакуумом. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Вип. 75. Харків: ХНУСГ, 2008. Т. 1. С. 179–183. (Здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання

- літературних даних, написання статті).
70. **Дубова Г. Є.** Гайворонська З. М. Кріоконцентрування рідких натуральних ароматичних речовин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава: ПДАА, 2009. С. 36–42. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, проведення частини експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
71. **Дубова Г. Є.**, Чол Т. М. Перспективи використання натуральних ароматизаторів при виробництві плодкових пюре. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів* : зб. статей II Всеукр. наук.-практ. конференції (Львів, 22–23 квітня 2010 р.). Львів, 2010. С. 89–93. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
72. **Дубова Г. Е.** Участие ферментов в образовании аромата. *Продукты и ингредиенты*. 2013. № 11 (108). С. 8–9.
73. Безусов А. Т., **Дубова Г. Е.**, Роговая Н. В., Мельник О. И. Аргументация выбора растительных объектов для восстановления аромата. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. Серія: Технічні науки. 2015. № 1. С. 18–26. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
74. Скикевич М. Г., Волошина Л. И., **Дубова Г. Е.**, Куш Л. И. Влияние натуральных ароматизаторов на секреторную функцию слюнных желез. *Клінічна стоматологія*. 2016. № 4 (17). С. 48–54. DOI 10.11603/2311-9624.2016.4.7236. (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз та обробка результатів, написання статті).
75. **Дубова Г.Е.**, Ліфіренко О. Технологія натурального ароматизатора GLV із похідних вищих ненасичених жирних кислот. *Ресторанный и гостиничный консалтинг. Инновации*: науч.сборник. Киев: Изд.центр КНУКиМ. 2018. С.64-75. DOI: 10.31866/2616-7468.1.2018.147410 (здобувачу належить ідея, розробка робочих гіпотез і планування експериментів, аналіз результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті).
76. **Дубова Г.Є.**, Митченко Т.В., Пушкар І.В. Роль ароматехнологій у збільшенні туристичних пропозицій. *Вітчизняні товари на сучасному ринку: позиціонування, якість, безпечність у контексті Європейської інтеграції*. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Львів, 16 квітня 2019 р.) Львів: ЛІЕТ, 2019. С.36-41. (здобувачу належить наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів).

ДОДАТОК Б

Акт дегустаційної оцінки результатів роботи ПУЕТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з наукової роботи
та міжнародних зв'язків ПУЕТ
проф. Карпенко О.В.
11 2014 р.

Акт дегустаційної оцінки результатів
дисертаційного дослідження Дубової Галини Євгенівни
за темою «Розробка наукових основ технології відновлення аромату
продуктів з рослинної сировини»

Основні практичні результати дисертаційної роботи Дубової Г.Є., поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, були оцінені кафедрою готельно-ресторанної та курортної справи ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» шляхом органолептичного аналізу з використанням методів ранжування і групування. Представлені лабораторні зразки ароматизаторів кавунового, гарбузового, огіркового, динного, яблучно-айвового, отримані в лабораторії «Ароматехнології». Для аналізу та порівняння зразків використані аналогічні промислові рідкі ароматизатори фірми «GLCC Co» (США).

На підставі проведеного аналізу надані наступні висновки та рекомендації (протокол № 5 від 26.11.2014 р.):

- використання, розробленого в дисертаційній роботі, методу отримання і концентрування ароматичних компонентів є перспективним для впровадження в Україні,
- перевагою технології отримання ароматизаторів за результатами дисертаційного дослідження Дубової Г.Є. є суттєве збереження і відновлення компонентів, відповідальних за аромат свіжих плодів,
- споживча перевага надана лабораторним зразкам, оскільки їх аромат є наближенням до використаної сировини за повнотою летких речовин, на відміну від промислових із наявними домінуючими компонентами.

Завідуюча кафедрою ГРКС, д.т.н, проф.

Капліна Т.В.

Довідка про впровадження в навчальний процес



Кооперативні, громадські, демократичні та інші

ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКООПСІЛКИ
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»38014, м. Полтава, вул. Ковалів, 7
р/р 26004060473065 в Полтавському обласному регіональному управлінні ПАТ КБ «ПриватБанк» м. Полтава, МФО 231401, код 01997997
тел. (0532) 50-91-70, факс (0532) 50-02-22, e-mail: can@ucsu.org.ua№ 45-12/128-19, 12 2014 р.
на № _____

ДОВІДКА

про впровадження в навчальний процес результатів дисертаційного дослідження Дубової Галини Євгеніївни за темою «Розробка наукових основ технології відновлення аромату продуктів з рослинної сировини»

Основні положення та результати дисертаційної роботи Дубової Г.Є., поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, були використані у навчально-методичній роботі кафедри готельно-ресторанної та курортної справи ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» під час розробки навчальних і робочих програм за курсами (рекомендовано до впровадження у навчальний процес на засіданні кафедри готельно-ресторанної та курортної справи, протокол № 5 від 26.11.2014 р.):

- «Сервісна діяльність» – шляхом модернізації освітнього процесу у сфері застосування нанотехнологій, використання ароматизацій у вітчизняних засобах розміщення різної категорії комфорту, прогнозування розвитку ароматотехнологій і комерціалізації результатів відповідних досліджень та розширення асортименту ароматизаторів, які використовуються в готельному бізнесі.

- «Барна справа» – шляхом використання розроблених рецептур ароматизованих напоїв, прогнозування науково-технологічного розвитку і дослідження технологічних ринків ароматизаторів в галузі харчової промисловості.

- «Конкурентоспроможність в курортному бізнесі» – для поглиблення знань студентів з рекомендацій до впровадження послуг ароматотехнологій в курортній справі і відповідних факторів для оцінки експертів, проблем конкурсної підтримки проектів ароматизацій і програм розвитку підприємств готельно-ресторанного бізнесу.

- «Інноваційні технології в курортній справі» – для поглиблення знань студентів у галузі динамічного комплексу захисно-приспосовних механізмів організму фізіологічного характеру, саногенезу як процесу відновлення порушень саморегуляції організму шляхом використання ароматизаторів.

Ректор



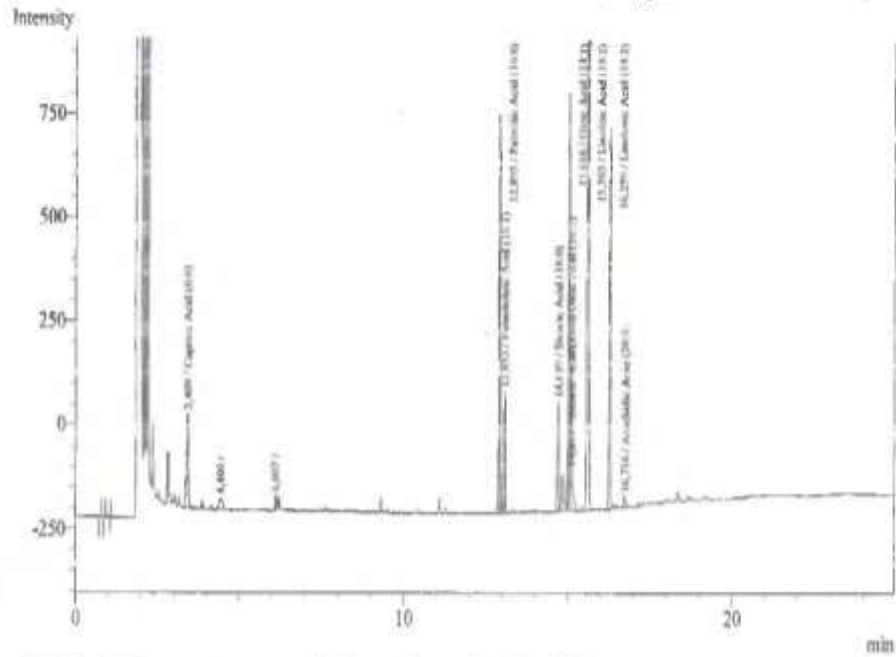
О.О. Нестуля

ДОДАТОК В

Хроматограми ЖК складу плодів

Analysis Date & Time : 08.04.2015 11:24:39
 User Name : Admin
 Vial# : 2
 Sample Name : pumpkin row
 Sample ID : UNK-0002
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 1,00
 STD Amount :

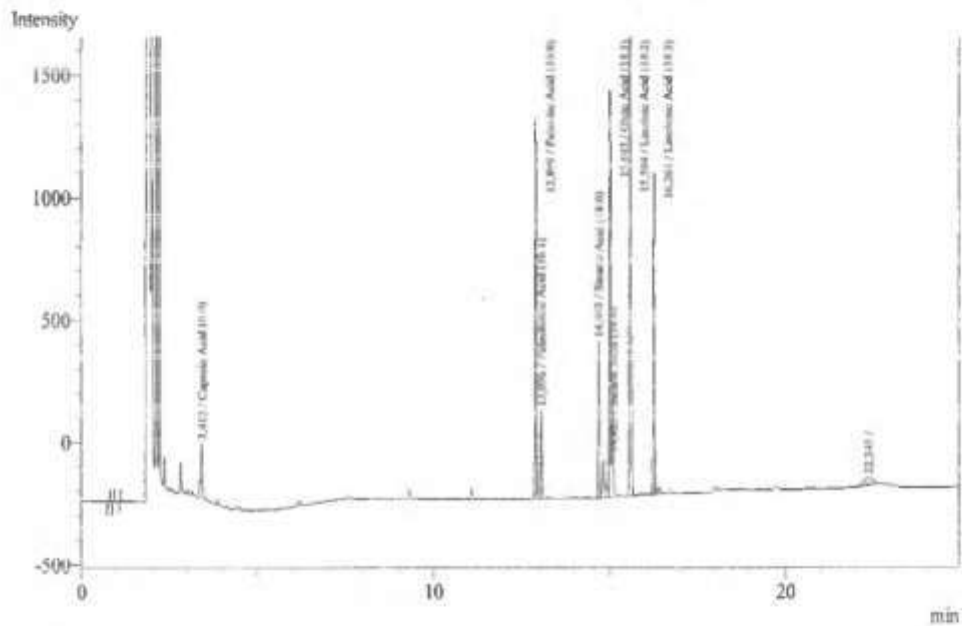
Data Name : D:\GC\Solution\Data\FATTY ACIDS\Director Samples\8.04.2015\unk0002.gcd
 Method Name : D:\GC\Solution\Data\FATTY ACIDS\FAT on TR-FAME(2007).gcm



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Compd Name
1	3,409	844	226	4,834	%		1	Caproic Acid (6:0)
2	4,409	205	27	1,175				
3	6,097	121	35	0,691				
4	12,895	2041	936	11,692	%		7	Palmitic Acid (16:0)
5	13,053	725	289	4,151	%		8	Palmitoleic Acid (16:1)
6	14,689	706	264	4,045	%		11	Stearic Acid (18:0)
7	14,819	344	84	1,970	%		11	Stearic Acid (18:0)
8	15,010	2457	948	14,071	%	V	12	Oleic Acid (18:1)
9	15,088	1200	348	6,871	%	V	12	Oleic Acid (18:1)
10	15,583	6546	2143	37,488	%		13	Linoleic Acid (18:2)
11	16,259	2155	891	12,340	%		14	Linolenic Acid (18:3)
12	16,716	118	27	0,674	%		15	Arachidic Acid (20:0)
Total		17462	6218					

Analysis Date & Time : 08.04.2015 11:56:45
 User Name : Admin
 Vial# : 3
 Sample Name : pumpkin boiled
 Sample ID : UNK-0003
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 1,00
 ISTD Amount :

Data Name : D:\GCSolution\Data\FATTY ACIDS\Director Samples\8.04.2015 11:56:45\003.gcd
 Method Name : D:\GCSolution\Data\FATTY ACIDS\FAT on TR-FAME(4309).gcm



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Compd Name
1	3,412	781	221	3,377	%		1	Caproic Acid (6:0)
2	12,899	3317	1542	14,347	%		7	Palmitic Acid (16:0)
3	13,096	904	359	3,912	%		8	Palmitoleic Acid (16:1)
4	14,693	1693	631	7,323	%		11	Stearic Acid (18:0)
5	14,823	618	148	2,671	%	V	11	Stearic Acid (18:0)
6	15,015	5172	1512	22,373	%	V	12	Oleic Acid (18:1)
7	15,584	7147	2481	30,916	%		13	Linoleic Acid (18:2)
8	16,261	2985	1265	12,915	%		14	Linolenic Acid (18:3)
9	22,345	501	27	2,166	%			
Total		23118	8186					

ДОДАТОК Г

Значення ζ -потенціалу ліпідних екстрактів та дистилатів

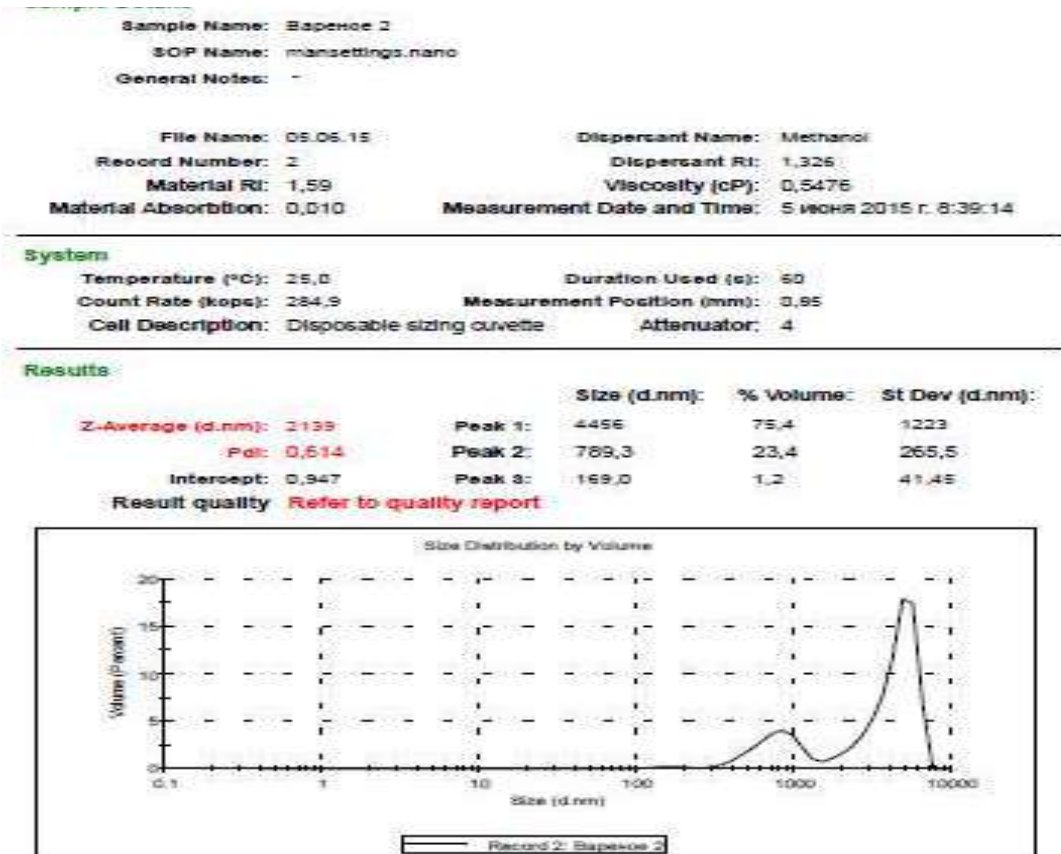
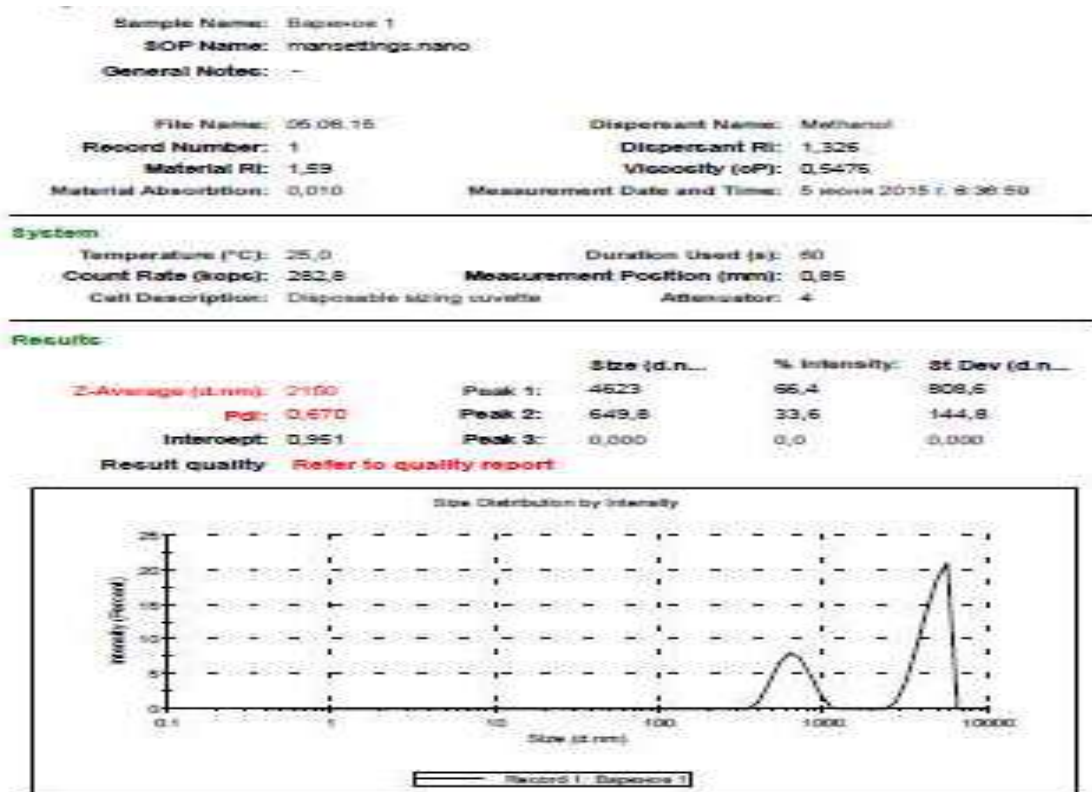
cord	Type	Sample Name	Measurement Date and Time	T	ZP	Mob	Cond
				°C	mV	$\mu\text{mcm/Vs}$	mS/cm
16	Zeta	Дитильована вода 1	5 июня 2015 г. 16:12:40	25,0	-16,4	-1,284	0,0431
17	Zeta	Дитильована вода 2	5 июня 2015 г. 16:13:40	25,0	-17,3	-1,357	0,0492
18	Zeta	Дитильована вода 3	5 июня 2015 г. 16:14:21	25,0	-21,8	-1,706	0,0516
19	Zeta	Дитильована вода 4	5 июня 2015 г. 16:15:11	25,0	-21,5	-1,687	0,0536
20	Zeta	Дитильована вода 5	5 июня 2015 г. 16:15:51	25,0	-17,2	-1,346	0,0549
27	Zeta	Вареное після центриф. № 1 1	5 июня 2015 г. 16:42:51	25,0	-5,72	-0,4484	2,03
28	Zeta	Вареное після центриф. № 1 2	5 июня 2015 г. 16:44:06	25,0	-5,40	-0,4230	2,08
29	Zeta	Вареное після центриф. № 1 3	5 июня 2015 г. 16:44:47	25,0	-5,63	-0,4411	2,09
30	Zeta	Вареное після центриф. № 1 4	5 июня 2015 г. 16:45:36	25,0	-5,60	-0,4392	2,10
31	Zeta	Вареное після центриф. № 1 5	5 июня 2015 г. 16:46:23	25,0	-5,85	-0,4585	2,10
73	Zeta	Заморож+СВЧ після центриф. № 4000 t=8 хв 1	5 июня 2015 г. 19:33:27	25,0	-3,97	-0,3111	1,97
74	Zeta	Заморож+СВЧ після центриф. № 4000 t=8 хв 2	5 июня 2015 г. 19:34:28	25,0	-4,57	-0,3583	2,05
75	Zeta	Заморож+СВЧ після центриф. № 4000 t=8 хв 3	5 июня 2015 г. 19:35:09	25,0	-4,11	-0,3223	2,08
76	Zeta	Заморож+СВЧ після центриф. № 4000 t=8 хв 4	5 июня 2015 г. 19:35:50	25,0	-4,11	-0,3218	2,10
82	Zeta	Свежее після центриф. № 4000 t=8 хв 1	5 июня 2015 г. 19:53:36	25,0	-2,99	-0,2342	1,98
83	Zeta	Свежее після центриф. № 4000 t=8 хв 2	5 июня 2015 г. 19:54:36	25,0	-3,01	-0,2362	2,01
84	Zeta	Свежее після центриф. № 4000 t=8 хв 3	5 июня 2015 г. 19:55:16	25,0	-2,87	-0,2249	2,02
85	Zeta	Свежее після центриф. № 4000 t=8 хв 4	5 июня 2015 г. 19:56:15	25,0	-2,91	-0,2281	2,04
86	Zeta	Свежее після центриф. № 4000 t=8 хв 5	5 июня 2015 г. 19:56:56	25,0	-2,85	-0,2238	2,04

cord	Type	Sample Name	Measurement Date and Time	T	ZP	Mob	Cond
				°C	mV	$\mu\text{mcm/Vs}$	mS/cm
11	Zeta	Дистилат дині 1	10 июня 2015 г. 10:16:11	25,0	-27,0	-2,117	0,0626
12	Zeta	Дистилат дині 2	10 июня 2015 г. 10:17:18	25,0	-26,4	-2,073	0,0557
13	Zeta	Дистилат дині 3	10 июня 2015 г. 10:18:01	25,0	-26,3	-2,060	0,0564
14	Zeta	Дистилат дині 4	10 июня 2015 г. 10:18:45	25,0	-29,0	-2,275	0,0568
15	Zeta	Дистилат дині 5	10 июня 2015 г. 10:19:26	25,0	-25,6	-2,003	0,0573
16	Zeta	Дистилат дині 6	10 июня 2015 г. 10:20:18	25,0	-28,4	-2,227	0,0583
17	Zeta	Дистилат дині 7	10 июня 2015 г. 10:21:08	25,0	-31,8	-2,489	0,0594
25	Zeta	Ароматизатор дині 1	10 июня 2015 г. 12:02:28	25,0	-0,474	-0,03714	0,00142
26	Zeta	Ароматизатор дині 2	10 июня 2015 г. 12:03:28	25,0	-0,500	-0,03919	0,00147
27	Zeta	Ароматизатор дині 3	10 июня 2015 г. 12:05:29	25,0	-0,458	-0,03590	0,00148
28	Zeta	Ароматизатор дині 4	10 июня 2015 г. 12:06:09	25,0	-0,558	-0,04377	0,00141
29	Zeta	Ароматизатор дині 5	10 июня 2015 г. 12:06:50	25,0	-0,531	-0,04165	0,00146
36	Zeta	Дистилат дині (1:1) 1	10 июня 2015 г. 12:33:55	25,0	-24,0	-1,884	0,0360
37	Zeta	Дистилат дині (1:1) 2	10 июня 2015 г. 12:34:55	25,0	-20,1	-1,576	0,0371
38	Zeta	Дистилат дині (1:1) 3	10 июня 2015 г. 12:35:39	25,0	-23,8	-1,864	0,0376
39	Zeta	Дистилат дині (1:1) 4	10 июня 2015 г. 12:36:26	25,0	-26,8	-2,099	0,0380
40	Zeta	Дистилат дині (1:1) 5	10 июня 2015 г. 12:37:12	25,0	-32,1	-2,513	0,0383
48	Zeta	Дистилат дині (1:10) 1	10 июня 2015 г. 13:06:39	25,0	-21,2	-1,661	0,0220
49	Zeta	Дистилат дині (1:10) 2	10 июня 2015 г. 13:09:55	25,0	-22,0	-1,725	0,0215
50	Zeta	Дистилат дині (1:10) 3	10 июня 2015 г. 13:10:42	25,0	-20,6	-1,618	0,0216
51	Zeta	Дистилат дині (1:10) 4	10 июня 2015 г. 13:11:22	25,0	-23,5	-1,846	0,0217
52	Zeta	Дистилат дині (1:10) 5	10 июня 2015 г. 13:12:12	25,0	-18,5	-1,448	0,0218
60	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 1	10 июня 2015 г. 15:24:11	25,0	-14,1	-1,103	0,0168
61	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 2	10 июня 2015 г. 15:27:12	25,0	-14,5	-1,133	0,0167
62	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 3	10 июня 2015 г. 15:27:53	25,0	-16,3	-1,282	0,0165
63	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 4	10 июня 2015 г. 15:28:34	25,0	-18,1	-1,417	0,0165
64	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 5	10 июня 2015 г. 15:29:15	25,0	-16,2	-1,273	0,0165
65	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 6	10 июня 2015 г. 15:29:56	25,0	-17,1	-1,342	0,0164
66	Zeta	Ароматизатор дині (1:10) 7	10 июня 2015 г. 15:30:37	25,0	-20,5	-1,608	0,0164
85	Zeta	Ароматизатор дині (1:100) 1	15 июня 2015 г. 19:24:38	25,0	-4,42	-0,3469	0,0412
86	Zeta	Ароматизатор дині (1:100) 2	15 июня 2015 г. 19:25:38	25,0	-3,14	-0,2462	0,0440
87	Zeta	Ароматизатор дині (1:100) 3	15 июня 2015 г. 19:26:19	25,0	-3,98	-0,3120	0,0462
88	Zeta	Ароматизатор дині (1:100) 4	15 июня 2015 г. 19:27:02	25,0	-3,00	-0,2349	0,0480
89	Zeta	Ароматизатор дині (1:100) 5	15 июня 2015 г. 19:28:41	25,0	-2,07	-0,1622	0,0508

ДОДАТОК Д

Гідродинамічні розміри ліпідних екстрактів та дистилатів

Додаток Д1 – PSD ліпідів із плодів огірка після гідротермічної обробки поділ 1-5 хв



Sample Name: Бактериальное средство № 1.1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Спрей 10 мл, ораг. д.с.ч.м.в.л.

File Name: 05.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 21 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июля 2015 г. 16:32:34

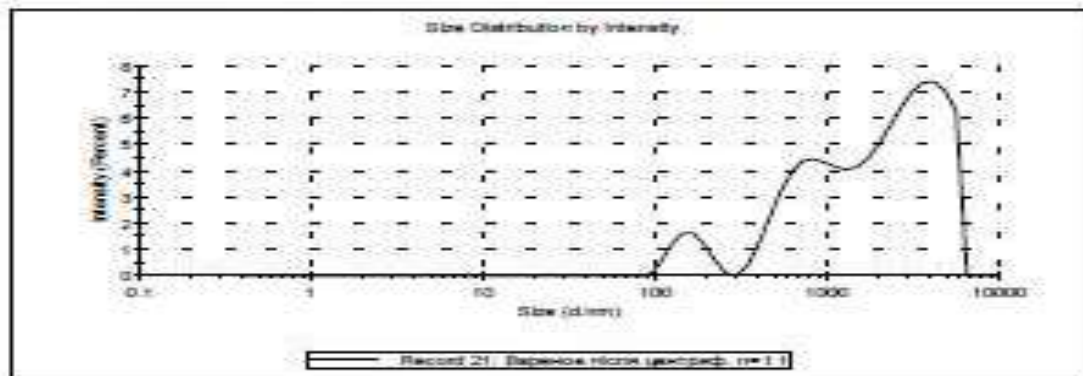
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 265,2 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

Z-Average (d.nm)	PdI	Intercept	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
1244	0,564	0,951	3184	818,5	150,4		62,3	1310
							31,0	270,5
							6,8	35,00

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Бактериальное средство № 1.2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Спрей 10 мл, ораг. д.с.ч.м.в.л.

File Name: 05.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 22 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июля 2015 г. 16:34:49

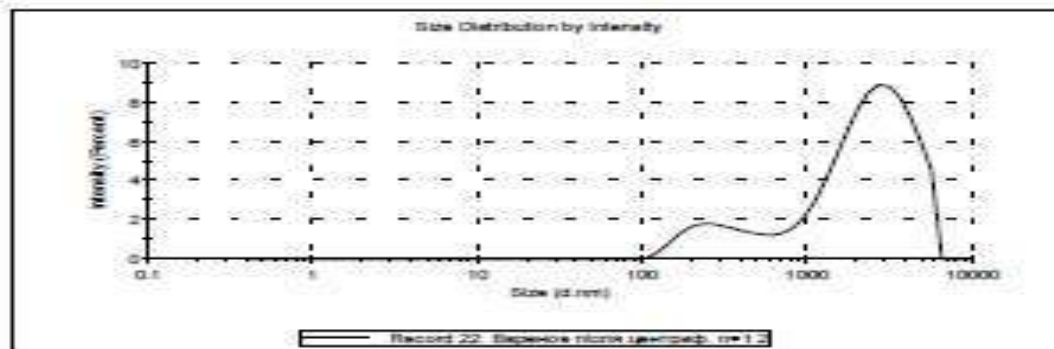
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 257,8 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

Z-Average (d.nm)	PdI	Intercept	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
1275	0,596	0,953	2723	319,5	0,000		83,9	1304
							16,1	141,3
							0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Bapexox rlxox uerped: n=11
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spare 10 ml, oodg ddywll

File Name: 05.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 21 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 5 week 2015 r: 18:32:34

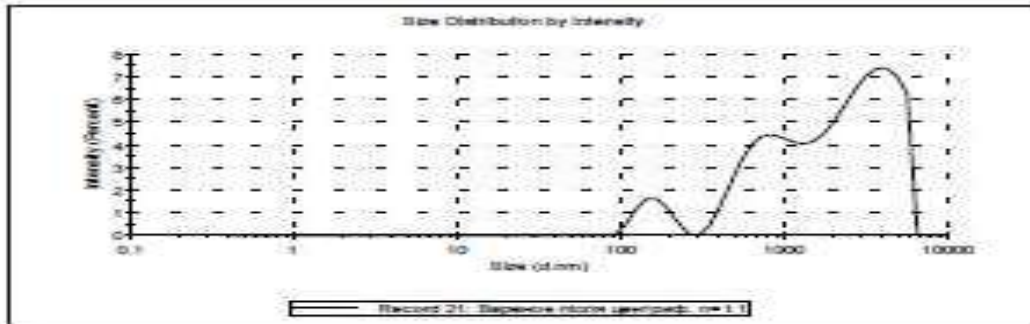
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 255.2 Measurement Position (mm): 0.85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 1244	Peak 1: 3184	62.3	1310
PdI: 0.594	Peak 2: 818.5	31.0	270.5
Intercept: 0.551	Peak 3: 156.4	6.8	35.00

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Bapexox rlxox uerped: n=15
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spare 10 ml, oodg ddywll

File Name: 05.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 25 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 5 week 2015 r: 18:41:39

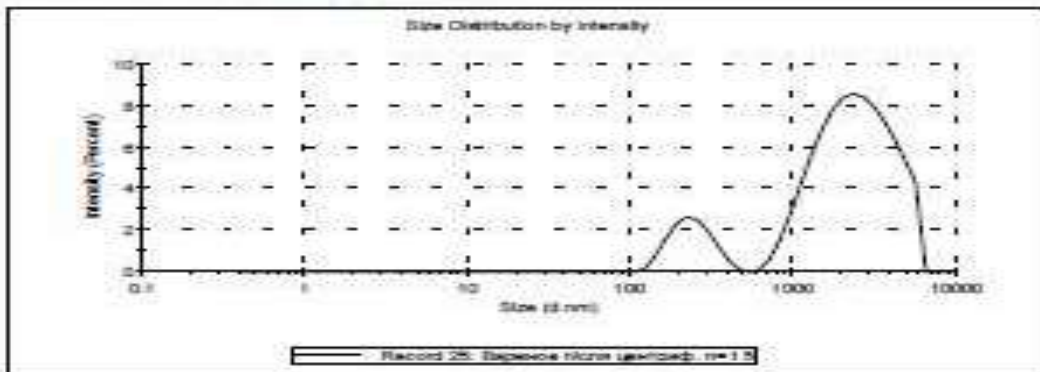
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 265.4 Measurement Position (mm): 0.85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 1289	Peak 1: 2615	85.9	1278
PdI: 0.594	Peak 2: 241.2	14.1	69.48
Intercept: 0.549	Peak 3: 0.000	0.0	0.000

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Базовое нанокремнеземное н-4000 1-4 xs 1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spina 10 ml, conc =1 ml

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 39 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:45:11

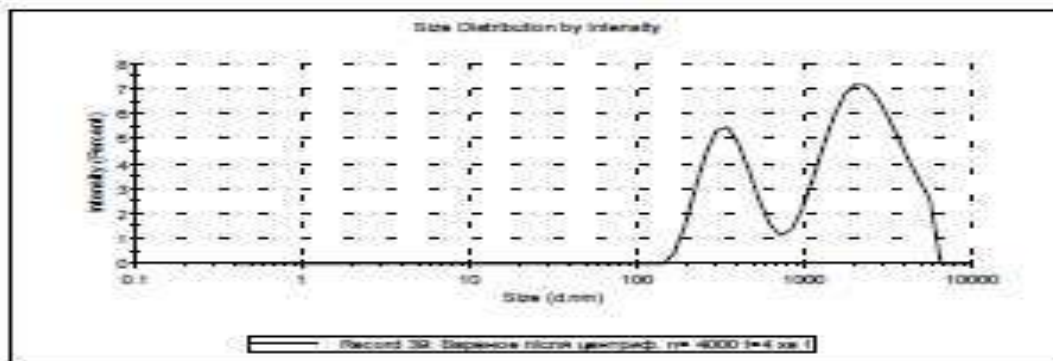
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 440,4 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 5

Results

	Size (d.n.m)	% Intensity	St Dev (d.n.m)
Z-Average (d.n.m)	754,6		
PdI	0,533		
Intercept	0,922		
Peak 1	247,2	66,5	121,6
Peak 2	364,7	33,5	127,3
Peak 3	0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Базовое нанокремнеземное н-4000 1-4 xs 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spina 10 ml, conc =1 ml

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 40 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:45:16

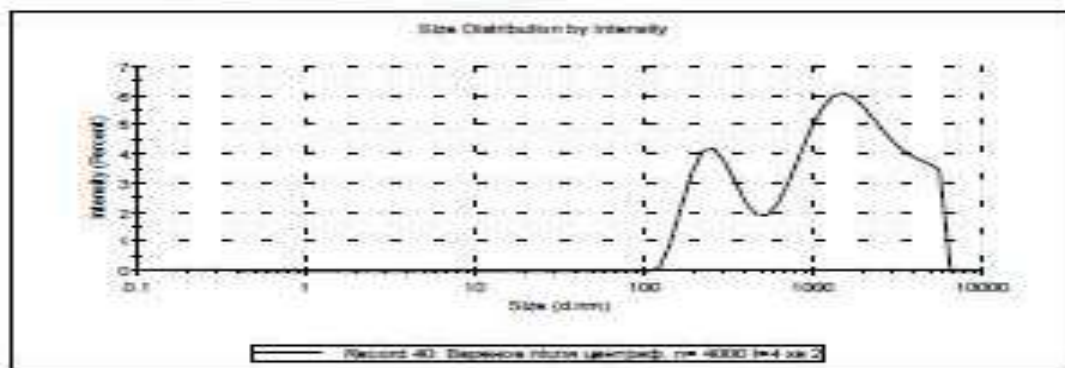
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 437,3 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 5

Results

	Size (d.n.m)	% Intensity	St Dev (d.n.m)
Z-Average (d.n.m)	759,1		
PdI	0,551		
Intercept	0,922		
Peak 1	217,3	72,7	137,1
Peak 2	291,0	27,3	106,7
Peak 3	0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Bepexco ritzk (ge)mpd: n= 4000 1-4 kb 3
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spinn 10 min, ocaq =1 ml

File Name: 05.08.15
 Record Number: 41
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 nov 2015 r: 17:47:21

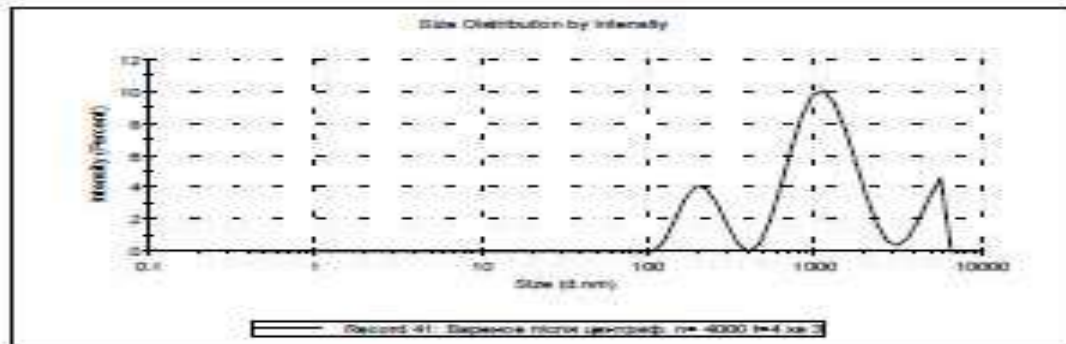
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kopc): 431,9
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 60
 Measurement Position (mm): 0,85
 Attenuator: 5

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 763,5	Peak 1: 1178	69,8	464,8
Pd: 0,572	Peak 2: 207,9	18,9	50,76
Intercept: 0,923	Peak 3: 4634	11,4	726,3

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Bepexco ritzk (ge)mpd: n= 4000 1-4 kb 4
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spinn 10 min, ocaq =1 ml

File Name: 05.08.15
 Record Number: 42
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 nov 2015 r: 17:48:27

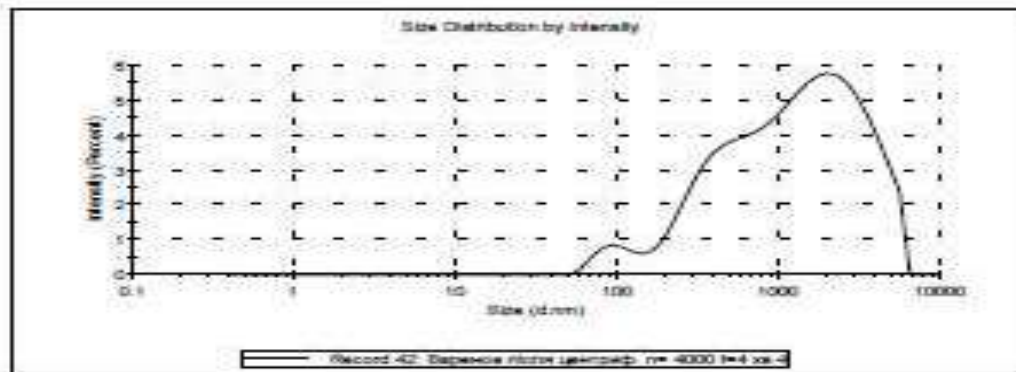
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kopc): 430,8
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 60
 Measurement Position (mm): 0,85
 Attenuator: 5

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 775,3	Peak 1: 1723	96,7	1365
Pd: 0,565	Peak 2: 100,0	4,3	24,37
Intercept: 0,930	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Good**



Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Вязкое нано центриф. n= 4000 (44 x4 x5)
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spahn 10 ml, осад. +1 ml

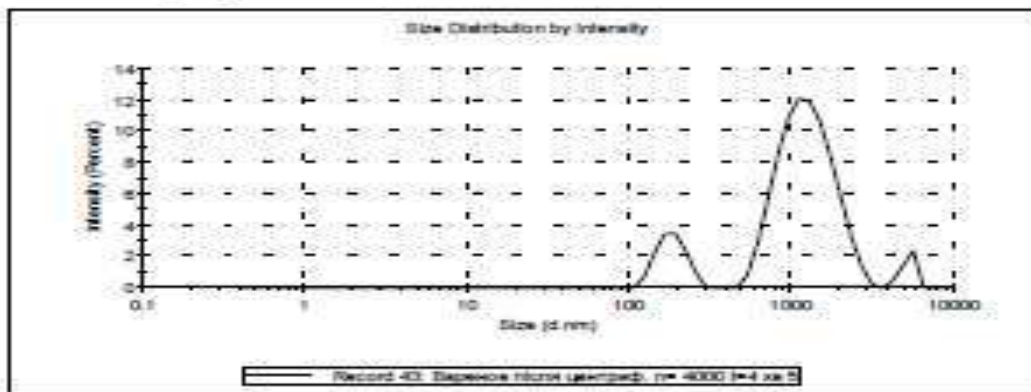
File Name: 05.06.15	Dispersant Name: Water
Record Number: 43	Dispersant RI: 1,330
Material RI: 1,59	Viscosity (cP): 0,8872
Material Absorption: 0,010	Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:48:38

System

Temperature (°C): 25,0	Duration Used (s): 10
Count Rate (kcps): 446,1	Measurement Position (mm): 0,85
Cell Description: Disposable sizing cuvette	Attenuator: 5

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.n.m): 822,5	Peak 1: 1265	82,4	477,6
Pdi: 0,532	Peak 2: 183,1	13,3	35,89
Intercept: 0,934	Peak 3: 5155	4,3	405,8
Result quality Good			



ДОДАТОК Д2

PSD ліпідів із плодів огірка після гідротермічної обробки поділ 6-10 хв

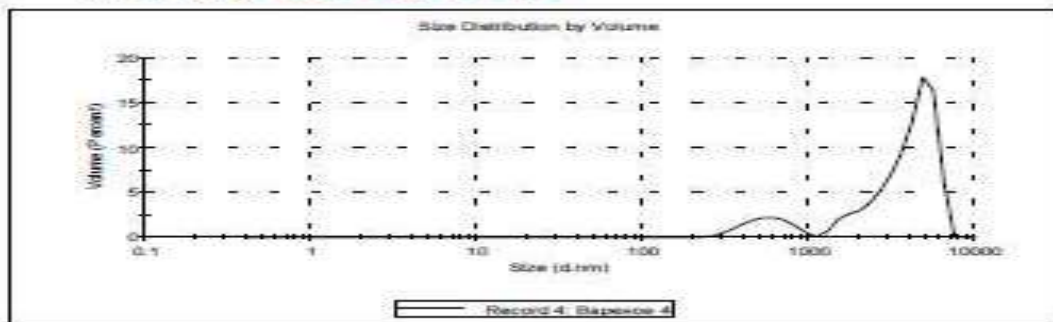
Sample Name:	Bapenc 4	Dispersant Name:	Methanol
SOP Name:	mansettings.nano	Dispersant RI:	1,326
General Notes:	-	Viscosity (cP):	0,5476
File Name:	05.06.15	Measurement Date and Time:	5 люня 2015 р. 8:43:43
Record Number:	4		
Material RI:	1,59		
Material Absorption:	0,010		

System

Temperature (°C):	25,0	Duration Used (s):	60
Count Rate (kops):	283,4	Measurement Position (mm):	0,85
Cell Description:	Disposable sizing cuvette	Attenuator:	4

Results

	Size (d.nm):	% Volume:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm):	2066	86,9	1343
Pdi:	0,579	13,1	173,8
Intercept:	0,941	0,0	0,000
Peak 1:	4154		
Peak 2:	569,6		
Peak 3:	0,000		
Result quality	Refer to quality report		



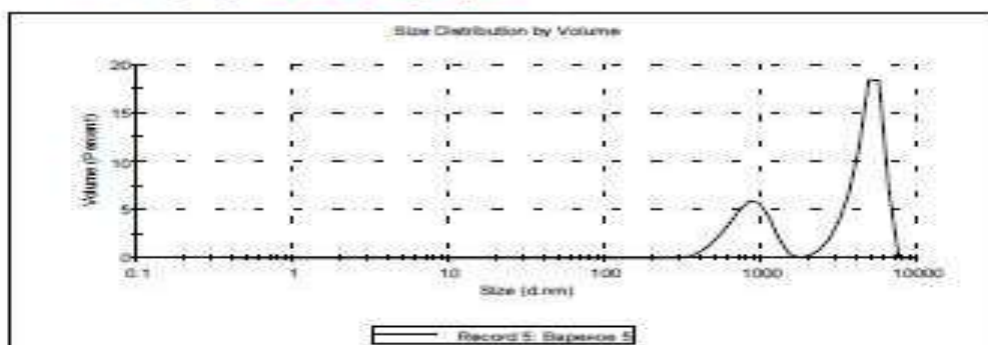
Sample Name:	Bapenc 5	Dispersant Name:	Methanol
SOP Name:	mansettings.nano	Dispersant RI:	1,326
General Notes:	-	Viscosity (cP):	0,5476
File Name:	05.06.15	Measurement Date and Time:	5 люня 2015 р. 8:45:57
Record Number:	5		
Material RI:	1,59		
Material Absorption:	0,010		

System

Temperature (°C):	25,0	Duration Used (s):	60
Count Rate (kops):	288,0	Measurement Position (mm):	0,85
Cell Description:	Disposable sizing cuvette	Attenuator:	4

Results

	Size (d.nm):	% Volume:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm):	2133	68,7	1021
Pdi:	0,624	31,3	241,5
Intercept:	0,936	0,0	0,000
Peak 1:	4745		
Peak 2:	835,7		
Peak 3:	0,000		
Result quality	Refer to quality report		



Sample Name: Базовое нанокремнеземное № 1.1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Срок 10 лет, оцка д.д.с.н.н.

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 21 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 16:32:34

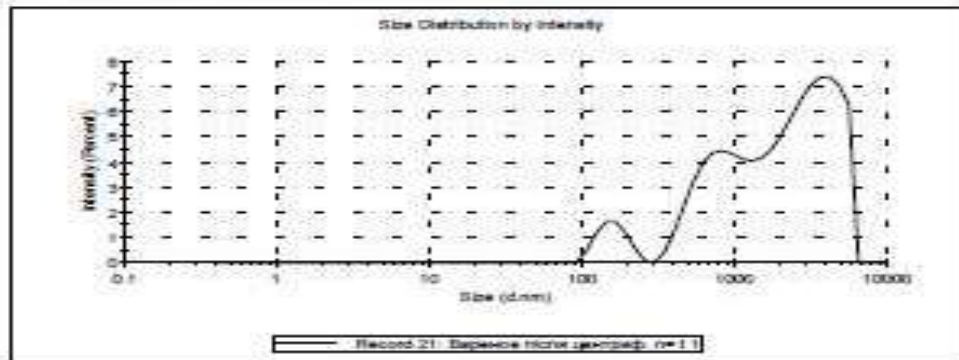
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kcps): 265.2 Measurement Position (mm): 0.85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

Z-Average (d.nm)	Pdi	Intercept	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
1744	0.584	0.951	3184	818.5	150.4		62.3	1310
							31.0	270.5
							6.8	95.00

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Базовое нанокремнеземное № 1.2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Срок 10 лет, оцка д.д.с.н.н.

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 22 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 16:34:49

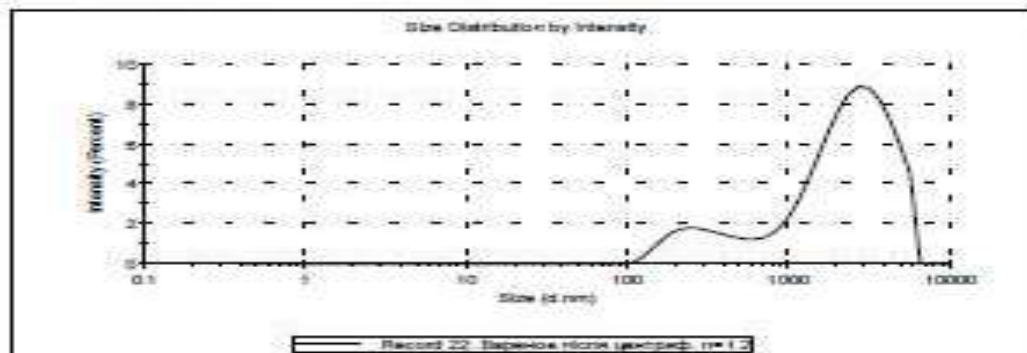
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kcps): 267.8 Measurement Position (mm): 0.85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

Z-Average (d.nm)	Pdi	Intercept	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
1275	0.596	0.953	2723	319.6	0.000		83.9	1304
							16.1	141.3
							0.0	0.000

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Вспомогательный №13
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Справка 10 мин, овал, диаметр

File Name: 05.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 23 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июля 2015 г. 16:37:04

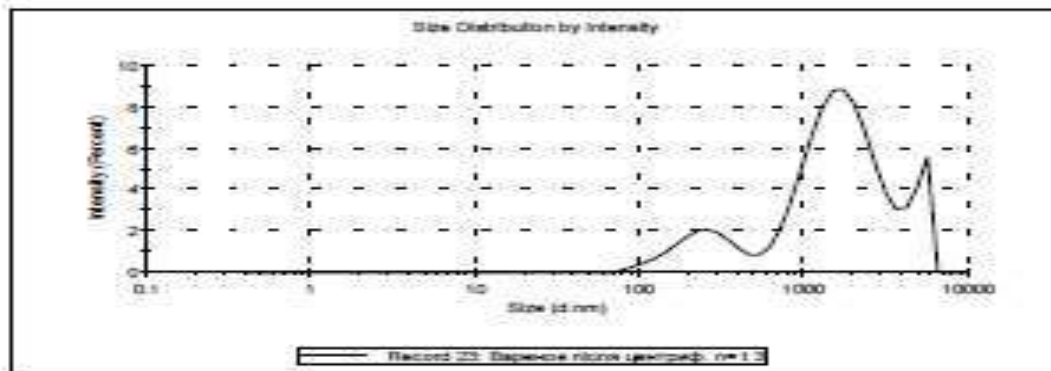
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kcps): 256,1 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

	Size (d.n...)	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.n.m): 1240	Peak 1: 1736	69,2	751,1
Pdi: 0,599	Peak 2: 264,1	15,6	113,5
Intercept: 0,950	Peak 3: 4702	15,2	752,4

Result quality **Refer to quality report.**



Sample Name: Вспомогательный №14
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Справка 10 мин, овал, диаметр

File Name: 05.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 24 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июля 2015 г. 16:39:18

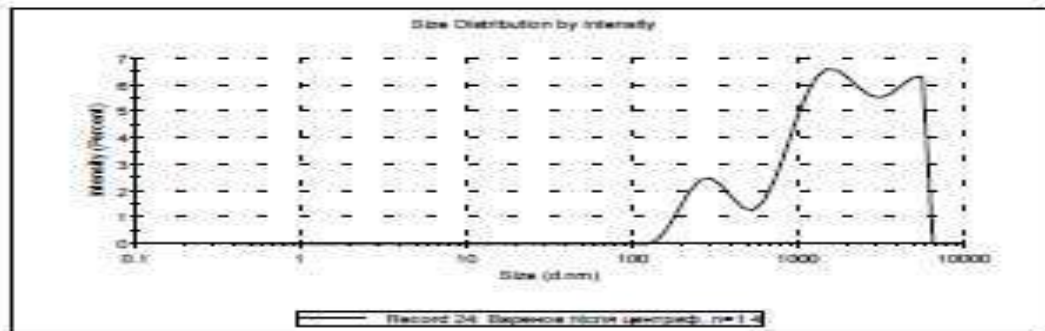
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kcps): 255,5 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

Results

	Size (d.n...)	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.n.m): 1189	Peak 1: 1687	57,6	733,5
Pdi: 0,549	Peak 2: 4280	27,8	874,6
Intercept: 0,942	Peak 3: 314,7	14,7	104,1

Result quality **Refer to quality report.**



Sample Name: Бактериальное средство №15
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Сфера 10 нм, вода, дисперсия

File Name: 05.06.15
 Record Number: 25
 Material RI: 1.59
 Material Absorbtion: 0.010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1.330
 Viscosity (cP): 0.8872
 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 16:41:33

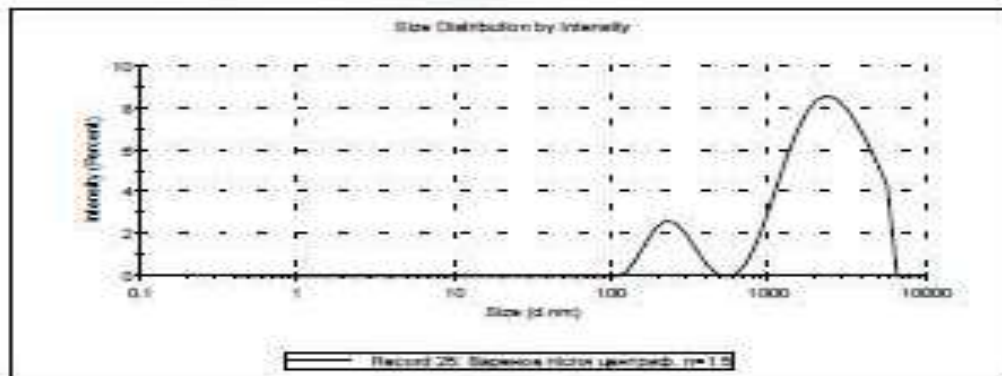
System

Temperature (°C): 25.0
 Count Rate (kops): 255.4
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 60
 Measurement Position (mm): 0.85
 Attenuator: 4

Results

	Size (d.n...	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.n.m): 1263	Peak 1: 2615	85.9	1278
PdI: 0.594	Peak 2: 241.2	14.1	69.48
Intercept: 0.949	Peak 3: 0.000	0.0	0.000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Бактериальная культура № 4000 1-4 кс 1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spinal 10 ml, depth =1 ml

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 39 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:43:11

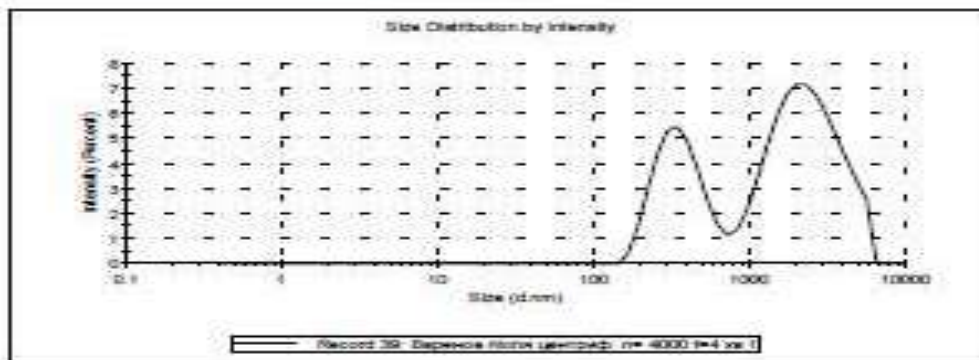
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kopc): 440,4 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 5

Results

Z-Average (d.nm)	Pdi	Intercept	Peak 1: Size (d.nm)	Peak 1: % Intensity	Peak 1: St Dev (d.nm)	Peak 2: Size (d.nm)	Peak 2: % Intensity	Peak 2: St Dev (d.nm)	Peak 3: Size (d.nm)	Peak 3: % Intensity	Peak 3: St Dev (d.nm)
754,6	0,533	0,922	2472	66,5	1216	364,7	33,5	127,3	0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Бактериальная культура № 4000 1-4 кс 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spinal 10 ml, depth =1 ml

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 40 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:45:16

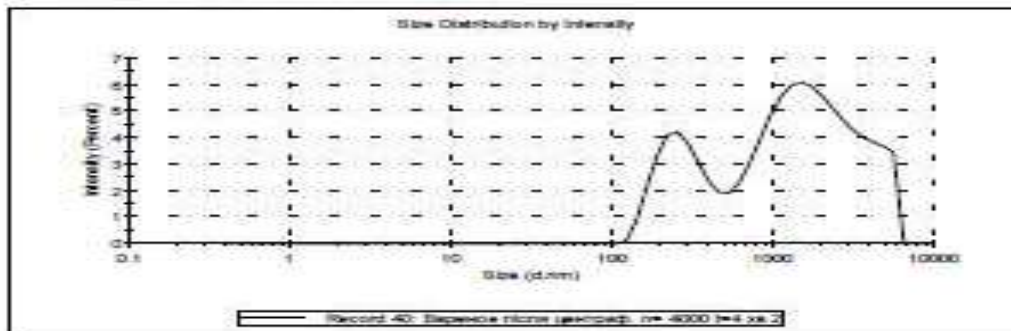
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kopc): 437,3 Measurement Position (mm): 0,85
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 5

Results

Z-Average (d.nm)	Pdi	Intercept	Peak 1: Size (d.nm)	Peak 1: % Intensity	Peak 1: St Dev (d.nm)	Peak 2: Size (d.nm)	Peak 2: % Intensity	Peak 2: St Dev (d.nm)	Peak 3: Size (d.nm)	Peak 3: % Intensity	Peak 3: St Dev (d.nm)
759,1	0,591	0,922	2173	72,7	1371	291,0	27,3	106,7	0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Bapexone nitro (unimped): n= 4000 (n=4 xs 3)
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spine 10 nm, occq =1 nm

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 41 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:47:21

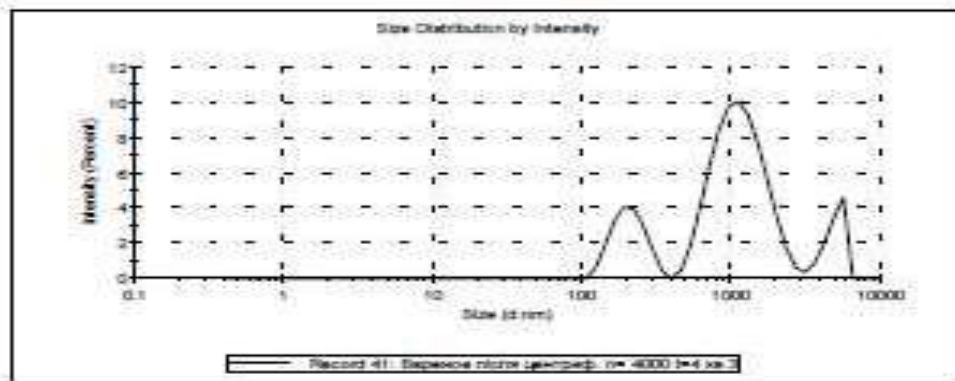
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kopc): 431,9 Measurement Position (mm): 0,95
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 5

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 763,5	Peak 1: 1178	69,8	464,8
Pdi: 0,572	Peak 2: 207,9	18,9	50,76
Intercept: 0,923	Peak 3: 4634	11,4	726,3

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Bapexone nitro (unimped): n= 4000 (n=4 xs 4)
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spine 10 nm, occq =1 nm

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 42 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:48:27

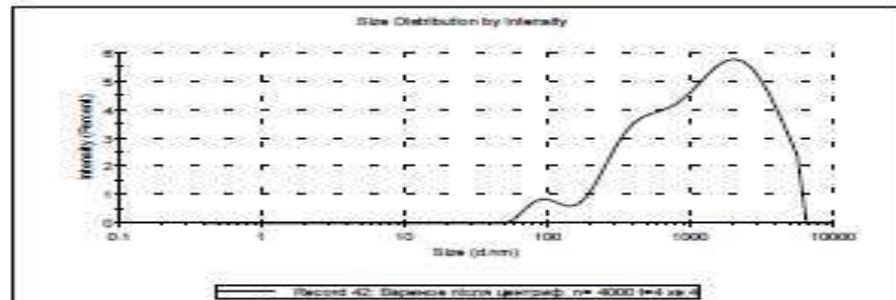
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kopc): 430,8 Measurement Position (mm): 0,95
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 5

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 773,9	Peak 1: 1723	95,7	1365
Pdi: 0,565	Peak 2: 100,0	4,3	24,37
Intercept: 0,930	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Good**



Sample Name: Ваконне ниски центриф. n= 4000 1-4 xs 5
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spars 10 ml, ocaq <1 ml

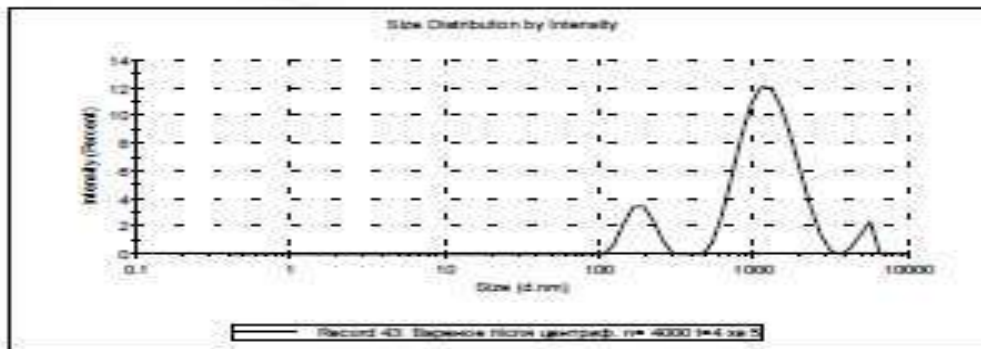
File Name: 06.06.15
 Record Number: 43
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 17:49:39

System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kopc): 446,1
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 10
 Measurement Position (mm): 0,85
 Attenuator: 5

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 602,5	Peak 1: 1265	82,4	477,5
PdI: 0,532	Peak 2: 183,1	13,3	35,89
Intercept: 0,534	Peak 3: 5155	4,3	495,8
Result quality: Good			



ДОДАТОК ДЗ

PSD ліпідів із плодів огірка після вакуумної обробки поділ 1-5 хв

Sample Name: Бакеное 6
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: -

File Name: 05.05.15
 Record Number: 6
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010

Dispersant Name: Methanol
 Dispersant RI: 1,325
 Viscosity (cP): 0,5476
 Measurement Date and Time: 5 люня 2015 г. 8:45:12

System

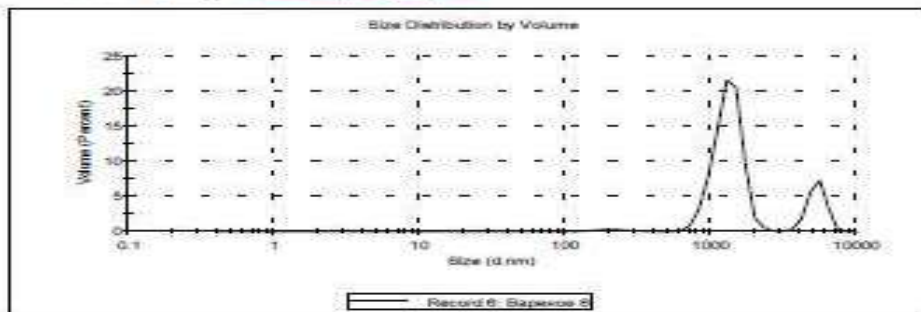
Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 287,5
 Cell Description: Disposable sizing cuvette

Duration Used (s): 60
 Measurement Position (mm): 0,85
 Attenuator: 4

Results

	Size (d.nm):	% Volume:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm):	2124		
Pdi:	0,594		
Intercept:	0,941		
Peak 1:	1321	80,7	284,8
Peak 2:	5302	18,0	715,5
Peak 3:	208,8	1,3	43,86

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Вакуумісля центриф. n= 1500 t=1 хв 1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spank 10 мн, осад 1 мн

File Name: 05.05.15
 Record Number: 32
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010

Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 люня 2015 г. 17:20:19

System

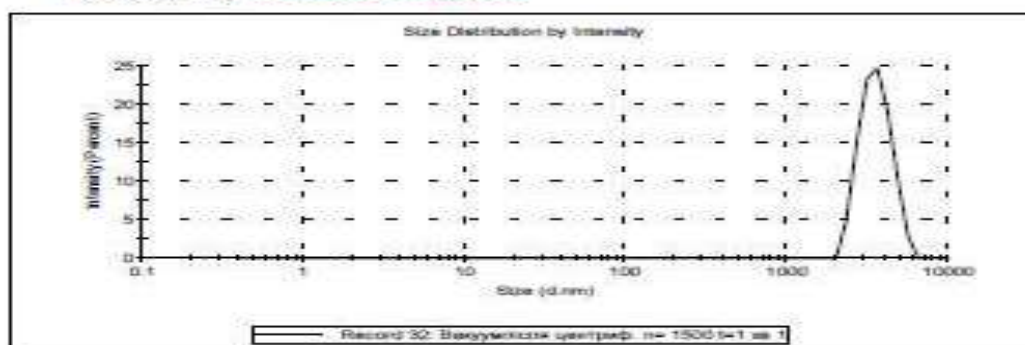
Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 233,2
 Cell Description: Disposable sizing cuvette

Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 1,05
 Attenuator: 5

Results

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm):	3263		
Pdi:	0,178		
Intercept:	0,987		
Peak 1:	3555	100,0	764,6
Peak 2:	0,000	0,0	0,000
Peak 3:	0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Бакымынчак центриф. n= 1500 t=1 xs 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spank 10 мк, оцад 1 мк

File Name: 05.05.15
 Record Number: 33
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июль 2015 г. 17:22:46

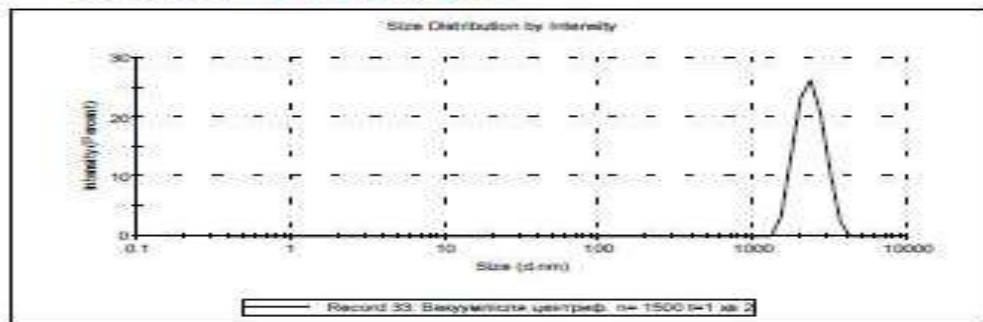
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 240,1
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 1,05
 Attenuator: 6

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 2985	Peak 1: 2320	100,0	474,9
Pdi: 0,313	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,938	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Бакымынчак центриф. n= 1500 t=1 xs 3
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spank 10 мк, оцад 1 мк

File Name: 05.05.15
 Record Number: 34
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июль 2015 г. 17:25:11

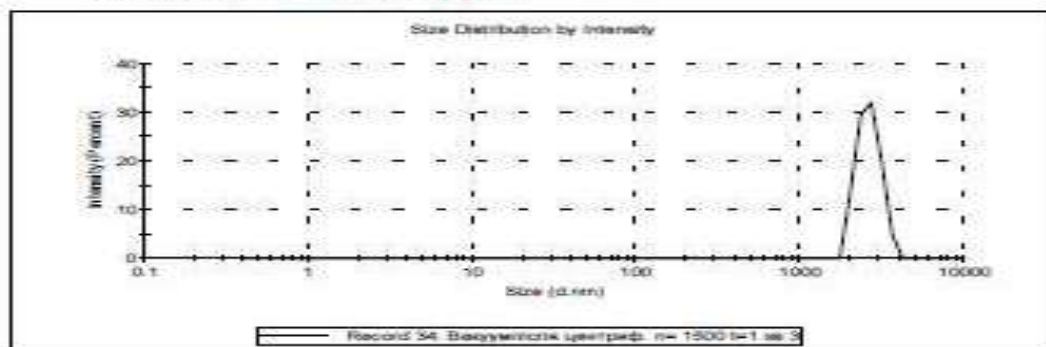
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 235,7
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 1,05
 Attenuator: 6

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 3911	Peak 1: 2600	100,0	416,9
Pdi: 0,270	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,974	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакуумісля центриф. n= 1500 t=1 x8 4
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брпм 10 мл, осад 1 мл

File Name: 05.05.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 35 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorbtion: 0,010 Measurement Date and Time: 5 юнн 2015 г. 17:27:36

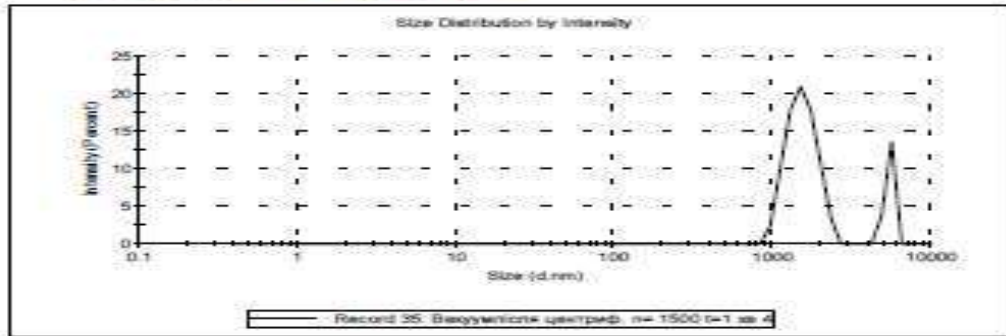
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kops): 231,6 Measurement Position (mm): 1,05
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 6

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 3042	Peak 1: 1530	82,6	322,6
Pdi: 0,462	Peak 2: 5396	17,4	312,4
Intercept: 0,937	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакуумісля центриф. n= 1500 t=1 x8 5
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брпм 10 мл, осад 1 мл

File Name: 05.05.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 36 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorbtion: 0,010 Measurement Date and Time: 5 юнн 2015 г. 17:30:01

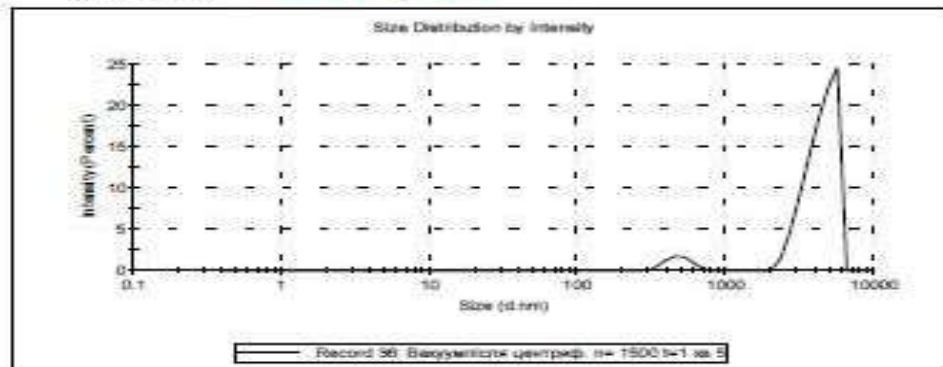
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kops): 225,8 Measurement Position (mm): 1,05
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 6

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 4418	Peak 1: 4382	93,8	940,7
Pdi: 0,271	Peak 2: 480,5	6,2	87,58
Intercept: 0,960	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакуум пілля центриф. n= 4000 1-4 xs 1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брані 10 мк, осад <1 мк

File Name: 05.06.15
 Record Number: 44
 Material RI: 1,59
 Material Absorbtion: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8972
 Measurement Date and Time: 5 жовт 2015 r. 17:56:47

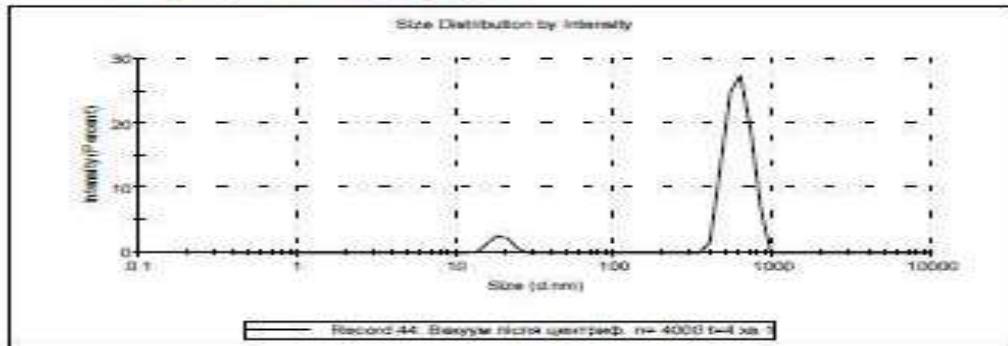
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 209,1
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 750,4	Peak 1: 602,3	92,9	106,1
Pdi: 0,568	Peak 2: 19,21	7,1	2,675
Intercept: 0,958	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакуум пілля центриф. n= 4000 1-4 xs 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брані 10 мк, осад <1 мк

File Name: 05.06.15
 Record Number: 45
 Material RI: 1,59
 Material Absorbtion: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8972
 Measurement Date and Time: 5 жовт 2015 r. 17:59:25

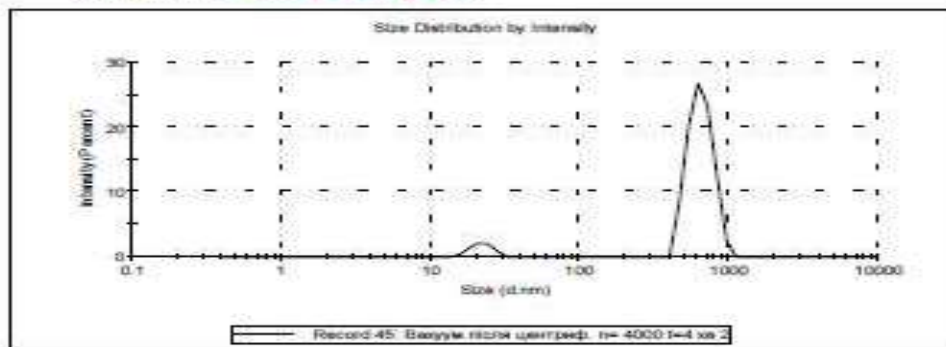
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 211,6
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 791,9	Peak 1: 644,5	93,2	119,0
Pdi: 0,515	Peak 2: 22,04	6,8	3,527
Intercept: 0,959	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакум після центриф. n= 4000 t=4 xs 3
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брань 10 мк, осад <1 мк

File Name: 05.06.15
 Record Number: 46
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 червня 2015 р. 18:02:02

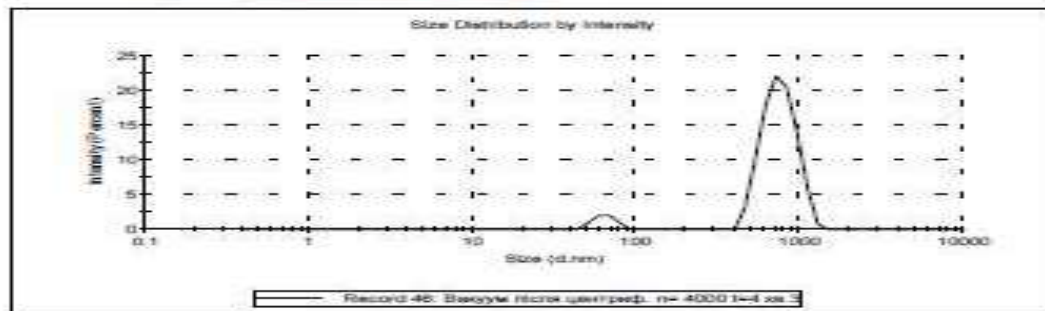
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 212,7
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 731,4	Peak 1: 756,2	94,0	171,2
Pdi: 0,575	Peak 2: 64,09	6,0	8,918
Intercept: 0,950	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Вакум після центриф. n= 4000 t=4 xs 4
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брань 10 мк, осад <1 мк

File Name: 05.06.15
 Record Number: 47
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 червня 2015 р. 18:04:39

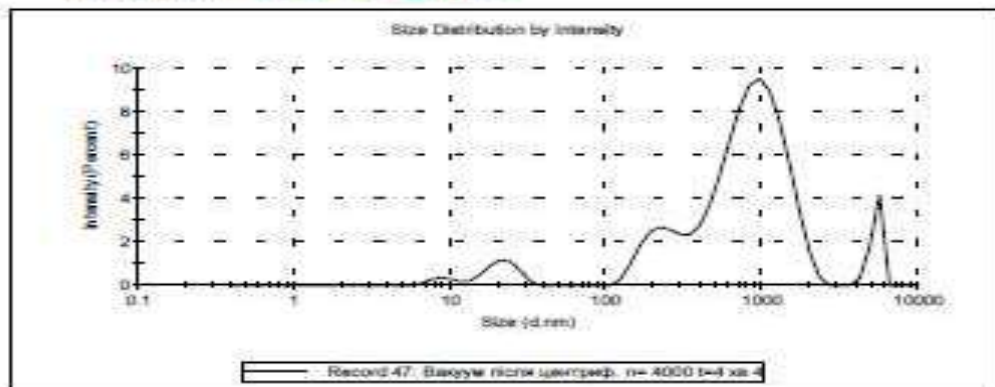
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 210,1
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 597,6	Peak 1: 939,9	72,8	398,1
Pdi: 0,666	Peak 2: 237,5	15,1	63,74
Intercept: 0,945	Peak 3: 527,2	6,1	429,3

Result quality Refer to quality report



Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Вакuum нислн центриф. n= 4000 t=4 xs 5

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 5панн 10 мн, осад <1 мн

File Name: 05.06.15	Dispersant Name: Water
Record Number: 48	Dispersant RI: 1,330
Material RI: 1,59	Viscosity (cP): 0,8872
Material Absorbion: 0,010	Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 18:07:14

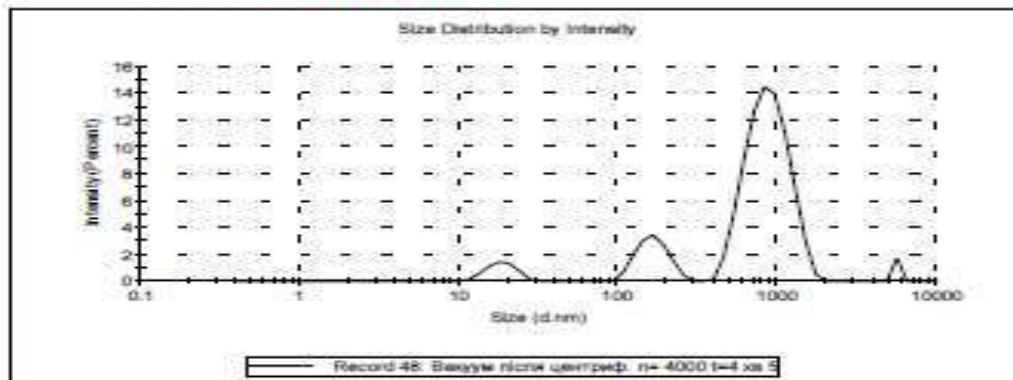
System

Temperature (°C): 25,0	Duration Used (s): 70
Count Rate (kops): 206,2	Measurement Position (mm): 4,65
Cell Description: Disposable sizing cuvette	Attenuator: 8

Results

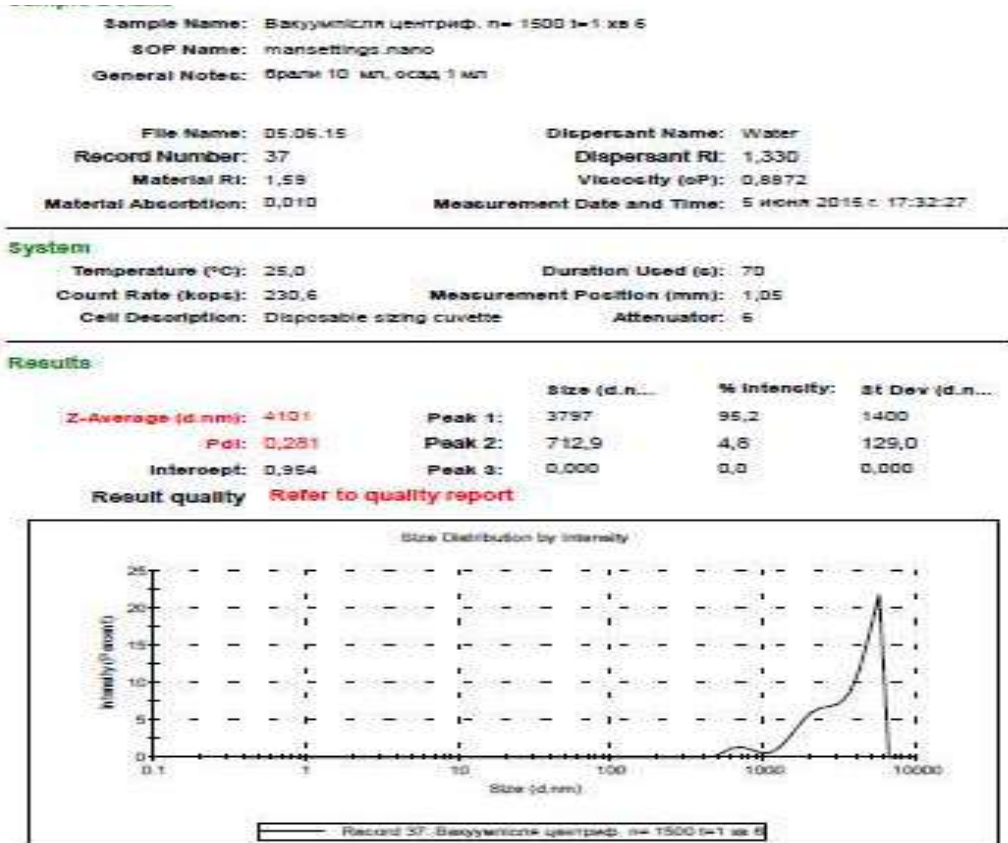
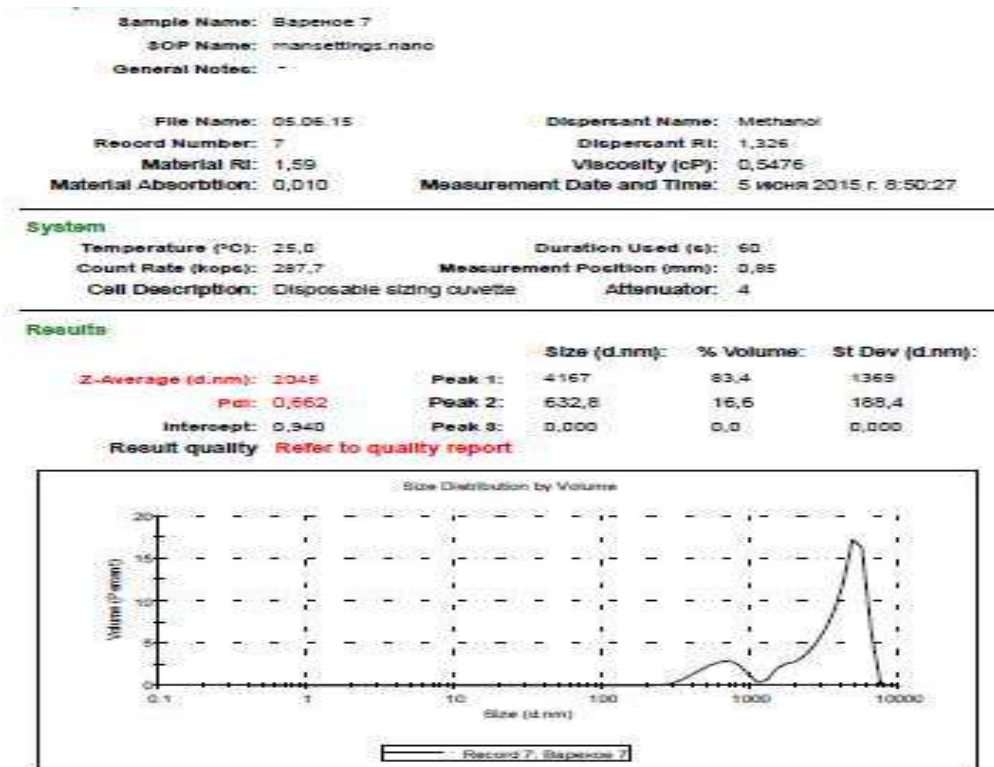
	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 626,1	Peak 1: 887,9	79,1	258,5
Pdl: 0,777	Peak 2: 166,1	13,7	35,60
Intercept: 0,947	Peak 3: 18,74	5,5	3,723

Result quality **Refer to quality report**



ДОДАТОК Д4

PSD ліпідів із плодів огірка після вакуумної обробки поділ 6-10 хв



Sample Name: Вакуумілля центриф. n= 1500 t=1 х8 7
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: брані 10 мн, осад 1 мн

File Name: 05.06.15
 Record Number: 38
 Material RI: 1,59
 Material Absorbion: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 жовт 2015 r. 17:34:51

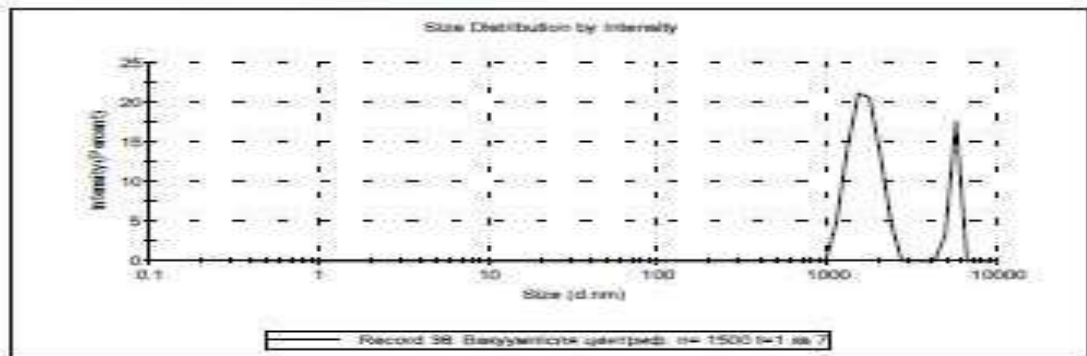
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 232,1
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 1,05
 Attenuator: 6

Results

Z-Average (d.nm):	Pdi:	Intercept:	Peak 1:	Peak 2:	Peak 3:	Size (d.nm)	% Intensity:	St Dev (d.nm)
3974	0,422	0,945	1621	5442	0,000	1621	79,1	310,4
						5442	20,9	274,6
						0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакuum нислн центриф. n= 4000 1-4-4 xs 1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: 6панк 10 мл, оцад <1 мл

File Name: 05.05.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 51 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorbtion: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июль 2015 г. 18:16:42

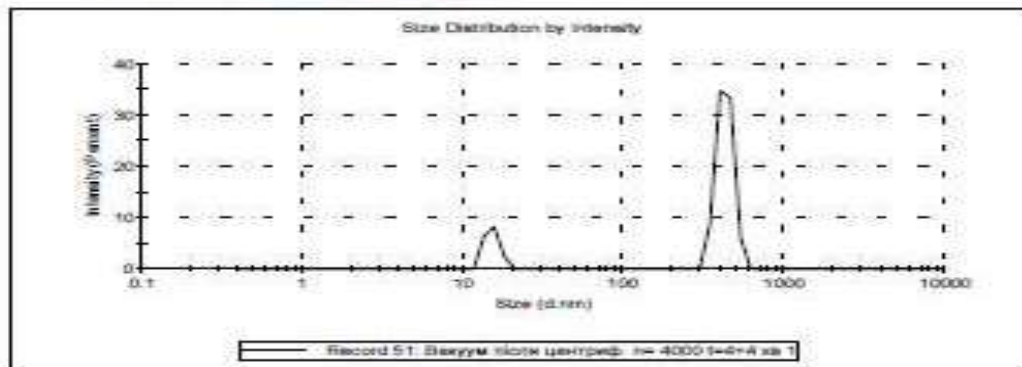
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kops): 230,1 Measurement Position (mm): 4,55
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 9

Results

Z-Average (d.nm): 1095	Peak 1: 425,6	% Intensity: 83,0	St Dev (d.n...) 48,62
Pdi: 0,780	Peak 2: 15,24	17,0	1,545
Intercept: 1,02	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Вакuum нислн центриф. n= 4000 1-4-4 xs 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: 6панк 10 мл, оцад <1 мл

File Name: 05.05.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 52 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorbtion: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июль 2015 г. 18:19:10

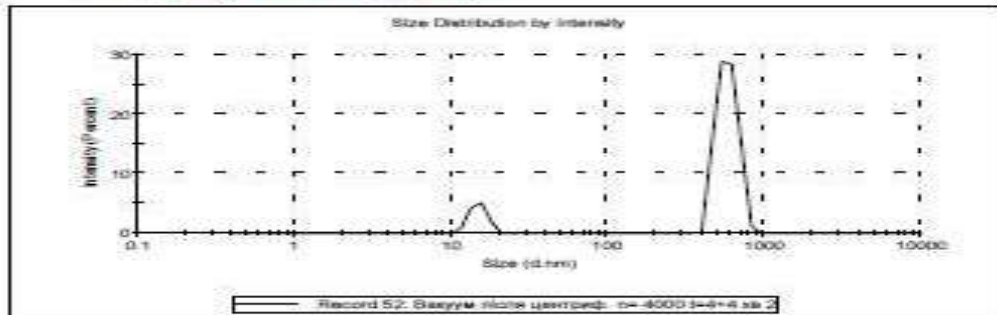
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kops): 227,9 Measurement Position (mm): 4,55
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 9

Results

Z-Average (d.nm): 847,1	Peak 1: 579,7	% Intensity: 87,6	St Dev (d.n...) 88,70
Pdi: 0,653	Peak 2: 15,04	12,4	1,842
Intercept: 0,942	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



Sample Name: Вакuum нислн центриф. n= 4000 1-4+4 xs 3
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spank 10 мн, оцад <1 мн

File Name: 05.06.15
 Record Number: 53
 Material RI: 1,59
 Material Absorbtion: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июнн 2015 г. 18:21:38

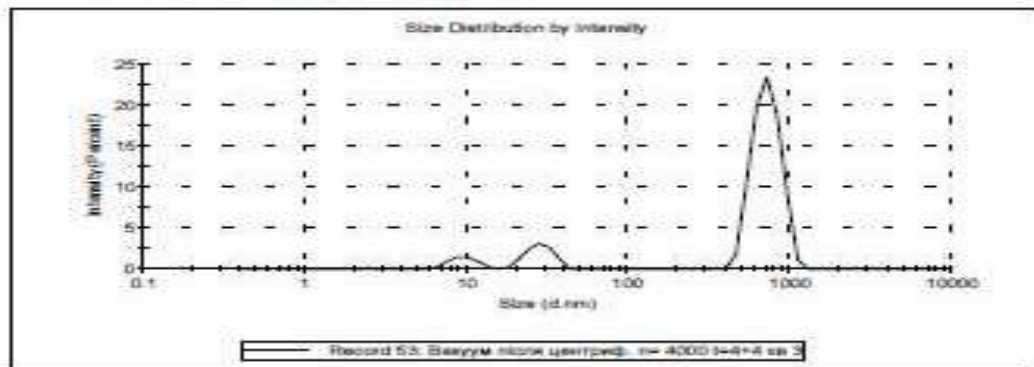
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 221,3
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 9

Results

Z-Average (d.nm):	Pdi:	Intercept:	Peak 1:	Peak 2:	Peak 3:	Size (d.nm)	% Intensity:	St Dev (d.nm)
587,9	0,659	0,940	718,3	28,42	9,624	718,3	83,9	137,1
						28,42	10,6	5,106
						9,624	5,3	1,777

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Вакuum нислн центриф. n= 4000 1-4+4 xs 4
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Spank 10 мн, оцад <1 мн

File Name: 05.06.15
 Record Number: 54
 Material RI: 1,59
 Material Absorbtion: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июнн 2015 г. 18:24:05

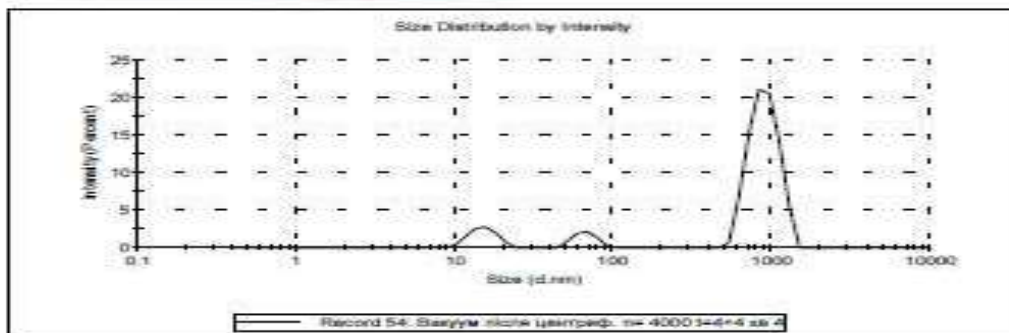
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 234,6
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 9

Results

Z-Average (d.nm):	Pdi:	Intercept:	Peak 1:	Peak 2:	Peak 3:	Size (d.nm)	% Intensity:	St Dev (d.nm)
631,1	0,745	0,925	894,1	15,25	66,21	894,1	83,7	180,9
						15,25	9,9	2,826
						66,21	5,4	10,17

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Базыл нлрл цлтрлф. n= 4000 t=4+4 x= 5
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spkn 10 мн, оцад <1 мн

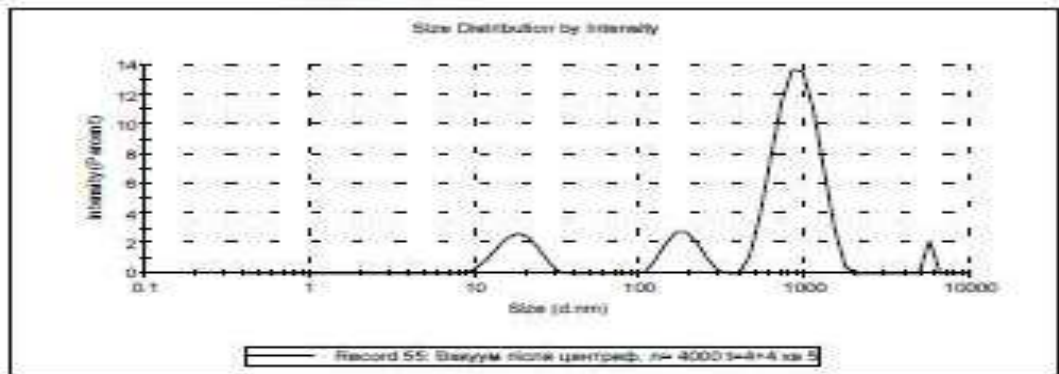
File Name: 05.06.15
 Record Number: 55
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июл 2015 г. 18:26:31

System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 217,6
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 9

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm):	531,5	73,4	255,2
Peak 1:	904,8		
Peak 2:	18,40	12,8	4,638
Peak 3:	182,1	11,6	39,54
Intercept:	0,935		
Result quality	Refer to quality report		



Sample Name: Базыл нлрл цлтрлф. n= 4000 t=4+4 x= 5
 SOP Name: mansettings.nano
 General Note: Spkn 10 мн, оцад <1 мн

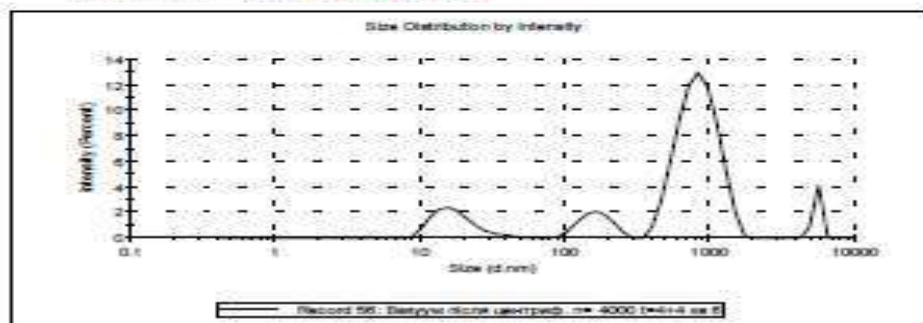
File Name: 05.06.15
 Record Number: 55
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июл 2015 г. 18:28:58

System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 214,0
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 9

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm):	475,3	72,4	252,9
Peak 1:	944,9		
Peak 2:	18,13	13,2	7,043
Peak 3:	184,4	9,4	38,99
Intercept:	0,932		
Result quality	Refer to quality report		



Sample Name: Вакуум нислн центриф. n= 4000 1-4-4 x8 7
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: Бэлэн 10 мл, осад <1 мл

File Name: 05.06.15
 Record Number: 57
 Material RI: 1,59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 5 июлн 2015 r. 18:31:25

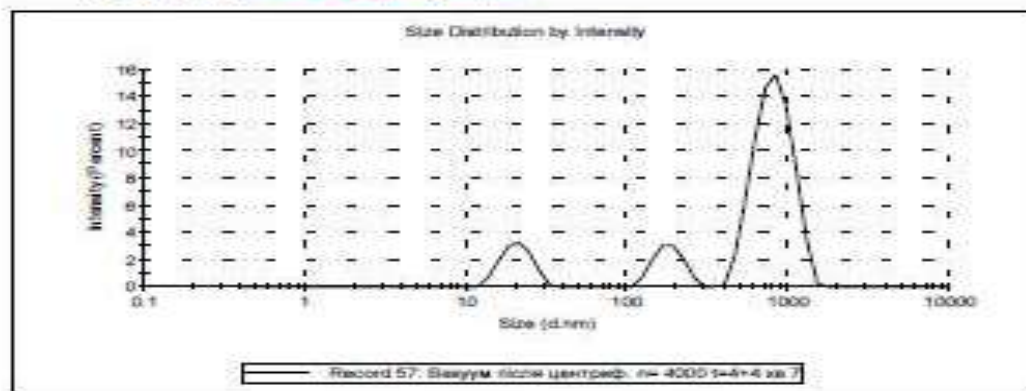
System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 225,4
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 9

Results

	Size (d.n...)	% Intensity:	st Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 587,7	Peak 1: 816,0	75,7	208,7
Pdl: 0,740	Peak 2: 20,80	12,7	4,217
Intercept: 0,921	Peak 3: 180,9	11,6	34,77

Result quality **Refer to quality report**



ДОДАТОК Д5

PSD дистилатів

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 10 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 жовт 2015 r: 16:00:47

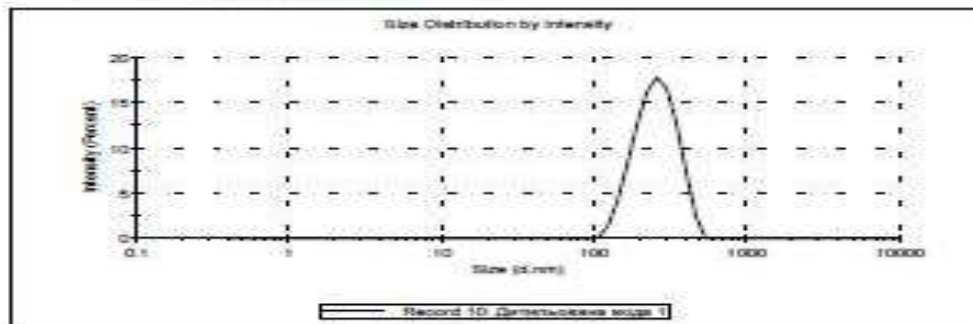
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kopc): 248,3 Measurement Position (mm): 4,65
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 11

Results

	Size (d.n...)	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 335,9	Peak 1: 259,2	100,0	77,18
PdI: 0,536	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,882	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Апокремостоп дест (1:10) 7
 SOP Name: mansettings.nano

General Notes:

File Name: 10.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 59 Dispersant RI: 1,330
 Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
 Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 10 жовт 2015 r: 16:16:34

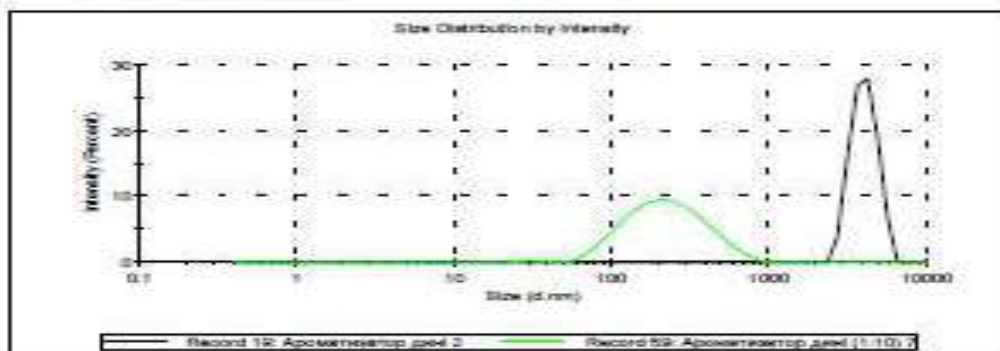
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kopc): 200,9 Measurement Position (mm): 4,65
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...)	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 184,0	Peak 1: 251,5	96,9	146,3
PdI: 0,296	Peak 2: 32,15	1,1	5,445
Intercept: 0,957	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Good**



SOP Name: mansettings.nano
General Notes: -

File Name: 05.06.15 Dispersant Name: Water
Record Number: 10 Dispersant RI: 1,330
Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 5 июня 2015 г. 16:00:47

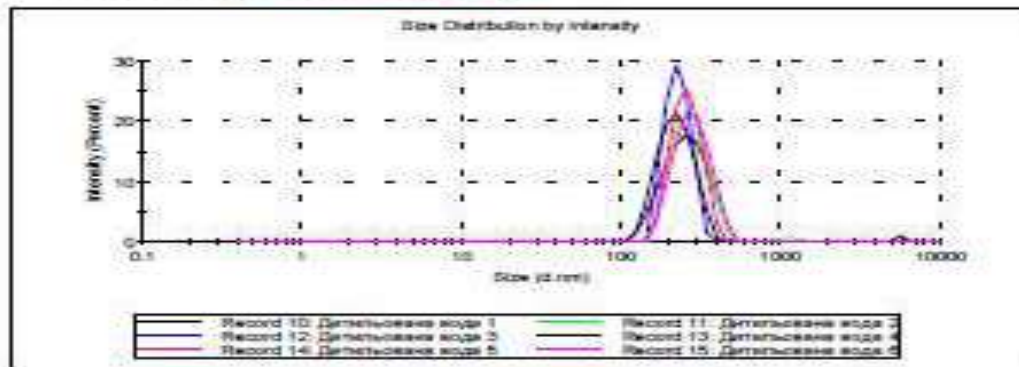
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 70
Count Rate (kops): 248,3 Measurement Position (mm): 4,65
Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 11

Results

	Size (d.n.)	% Intensity	St Dev (d.n.)
Z-Average (d.nm): 325,6	Peak 1: 259,2	100,0	77,18
PdI: 0,536	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,882	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



File Name: 10.06.15 Dispersant Name: Water
Record Number: 9 Dispersant RI: 1,330
Material RI: 1,59 Viscosity (cP): 0,8872
Material Absorption: 0,010 Measurement Date and Time: 10 июня 2015 г. 9:48:50

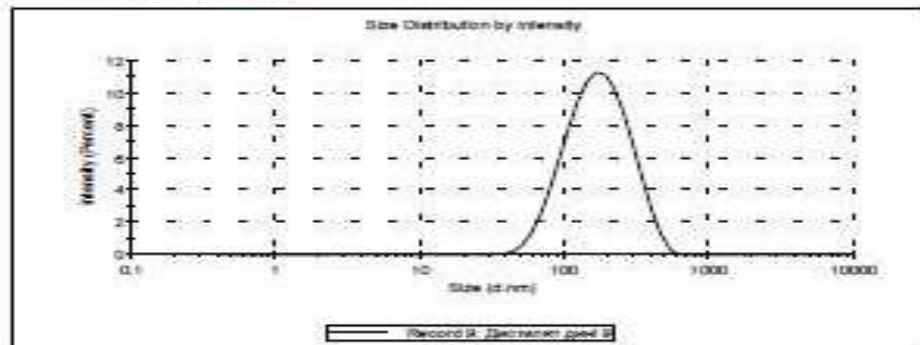
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
Count Rate (kops): 423,5 Measurement Position (mm): 4,65
Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 10

Results

	Size (d.n.)	% Intensity	St Dev (d.n.)
Z-Average (d.nm): 151,6	Peak 1: 186,0	100,0	89,74
PdI: 0,197	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,920	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Good



Sample Name: Дисконкт днк (1:1) 1
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes:

File Name: 10.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 34 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 10 июл 2015 г. 12:32:18

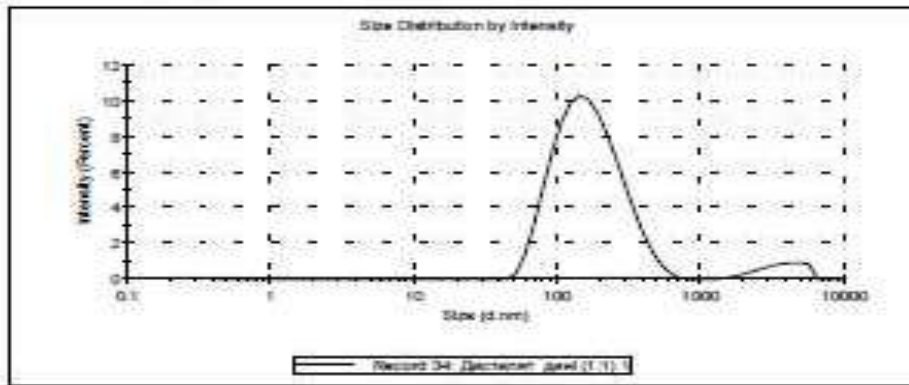
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kops): 225.3 Measurement Position (mm): 4.65
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 10

Results

	Size (d.n...	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 154.6	Peak 1: 181.1	94.0	97.66
PdI: 0.257	Peak 2: 3706	6.0	1176
Intercept: 0.930	Peak 3: 0.000	0.0	0.000

Result quality **Good**



Sample Name: Дисконкт днк (1:10) 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes:

File Name: 10.06.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 42 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 10 июл 2015 г. 12:54:46

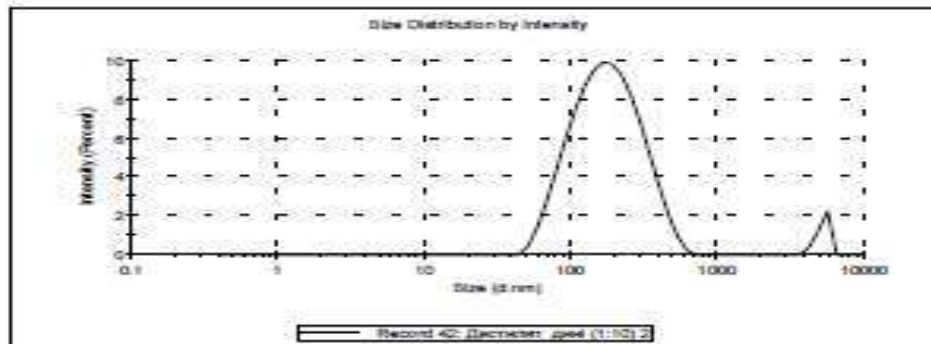
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kops): 205.7 Measurement Position (mm): 4.65
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 11

Results

	Size (d.n...	% Intensity	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 175.7	Peak 1: 195.3	96.1	102.1
PdI: 0.349	Peak 2: 5179	3.9	486.2
Intercept: 0.850	Peak 3: 0.000	0.0	0.000

Result quality **Good**



Sample Name: Декоративный днк (1.10) 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes:

File Name: 10.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 42 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 10 июля 2015 в 12:54:45

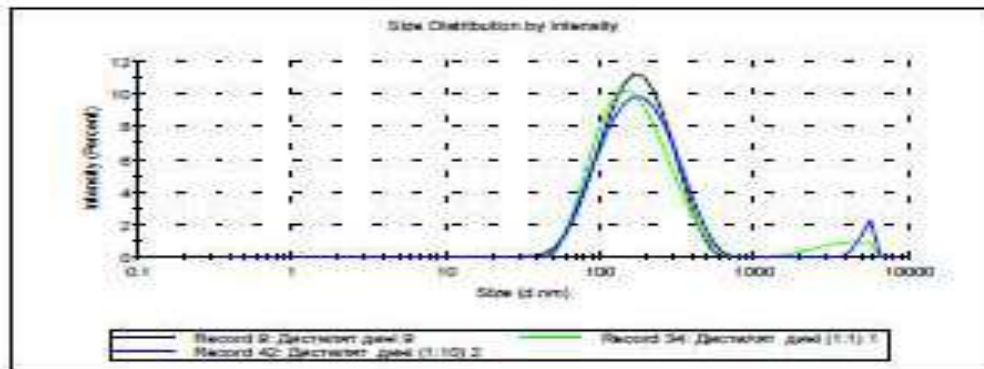
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 70
 Count Rate (kopc): 205.7 Measurement Position (mm): 4.65
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 11

Results

Z-Average (d.nm): 175.7	Peak 1:	195.3	% Intensity:	96.1	St Dev (d.nm):	102.1
Pdi: 0.345	Peak 2:	5179		3.9		486.2
Intercept: 0.850	Peak 3:	0.000		0.0		0.000

Result quality **Good**



Sample Name: Ароматизатор днк 2
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes:

File Name: 10.08.15 Dispersant Name: Water
 Record Number: 19 Dispersant RI: 1.330
 Material RI: 1.59 Viscosity (cP): 0.8872
 Material Absorption: 0.010 Measurement Date and Time: 10 июля 2015 в 11:51:23

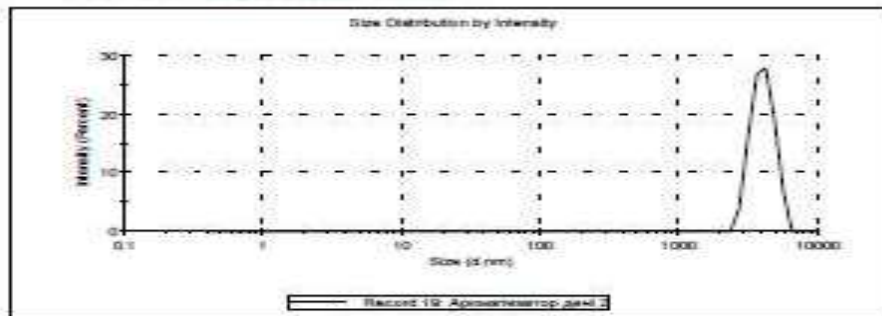
System

Temperature (°C): 25.0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kopc): 312.8 Measurement Position (mm): 4.65
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 11

Results

Z-Average (d.nm): 3967	Peak 1:	3990	% Intensity:	100.0	St Dev (d.nm):	734.8
Pdi: 0.125	Peak 2:	0.000		0.0		0.000
Intercept: 0.753	Peak 3:	0.000		0.0		0.000

Result quality **Refer to quality report**



Sample Name: Apowtastrop_diel (1:10) 7
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes:

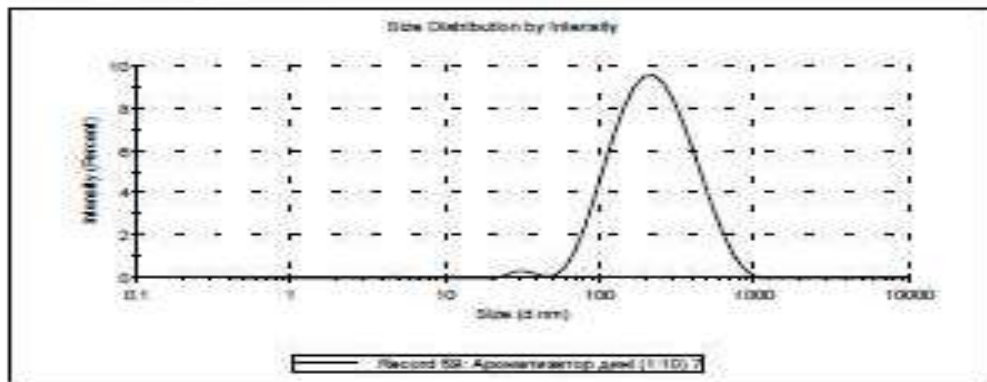
File Name: 10.08.15
 Record Number: 59
 Material RI: 1.59
 Material Absorption: 0,010
 Dispersant Name: Water
 Dispersant RI: 1,330
 Viscosity (cP): 0,8872
 Measurement Date and Time: 10 week 2015 c: 15:18:34

System

Temperature (°C): 25,0
 Count Rate (kops): 200,9
 Cell Description: Disposable sizing cuvette
 Duration Used (s): 70
 Measurement Position (mm): 4,65
 Attenuator: 8

Results

	Size [d.n...]	% Intensity	St Dev [d.n...
Z-Average [d.nm]:	164,2	Peak 1: 98,9	146,3
Pdi: 0,255	Peak 2: 32,15	1,1	5,445
Intercept: 0,957	Peak 3: 0,000	0,0	0,000
Result quality	Good		



ДОДАТОК Е

Характеристика продукції «БІОІЛ», акт впровадження
«Стар Трейд Компані Україна»

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ УкрСЕПРО		Серія ВГ
СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ		
UA1.178.X000685-16		
Зареєстровано в Реєстрі за № _____ <i>Зареєстровано в Реєстрі</i>		
Термін дії з	15 березня 2016	до 14 березня 2017
<i>Срок действия с</i>		
Продукція	Концентрат жирних кислот на основі рослинних олій, торговельно-ної марки 'Біоіл'	1518
<i>Продукция</i>		<small>код УКТ ЗЕД, ТН ЗЕД</small>
		20.14
		<small>код ДВРП, ОКД</small>
Відповідає вимогам	ТУ У 20.1-32576132-001:2016 'Концентрат жирних кислот на основі рослинних олій торговельної марки 'Біоіл'. Технічні умови' (за вмістом токсичних елементів, радіонуклідів, пестицидів, бензолірену; пп. 3.3, табл. 2 мікробіологічними показниками)	
<i>Соответствует требованиям</i>		
Виробник продукції	ТОВ НВФ 'СТАР ТРЕЙД КОМПАНІ УКРАЇНА', Україна, 49000, м. Дніпропетровськ, вул. Набережна В.І. Леніна, буд. 29-А, код ЄДРПОУ 32576132	
<i>Изготовитель продукции</i>		
Сертифікат видано	ТОВ НВФ 'СТАР ТРЕЙД КОМПАНІ УКРАЇНА', Україна, 49000, м. Дніпропетровськ, вул. Набережна В.І. Леніна, буд. 29-А, код ЄДРПОУ 32576132	
<i>Сертификат выдан</i>		
Додаткова інформація	Концентрат жирних кислот на основі рослинних олій, торговельної марки 'Біоіл', що виготовляється серійно з 15.03.2016р. до 14.03.2017р. Технічний нагляд один раз за період дії сертифіката.	
<i>Дополнительная информация</i>		
Сертифікат видано органом з сертифікації	ОС ТОВ 'ДП 'Житомирстандарт', м. Житомир, вул. Перемоги, 13, тел. (0412)55-02-23, (044) 569-67-12, kiev@rish.com.ua; свідоцтво про призначення/уповноваження № UA.P.178/UA.PN.178 від 04.08.2014 р.	
<i>Сертификат выдан органом по сертификации</i>		
На підставі	ВЛ ПП 'Незалежний центр лабораторних досліджень 'ЕТАЛОН', атестат акредитації № 2Н846 На основі	
<i>основания</i>	від 10.03.2015р. дійсний до 09.03.2020р. - протокол № 707 від 15.03.2016р.; МОЗ України - висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 01.03.2016р. № 05.03.02-07/6149	
		№ 622691
Керівник органу з сертифікації		С. А. Макарчук
<i>Руководитель органа по сертификации</i>	підпис	ініціали, прізвище
		
	<small>Чисельність сертифіката відповідності згідно зареєстровано в Реєстрі системи УкрСЕПРО за тел. (044) 526-54-35</small>	

Складено в 2-х примірниках

УКРАЇНА

ПІІ НЕЗАЛЕЖНИЙ ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ «ЕТАЛОН»

Акредитований Національним агентством з акредитації України на відповідність ДСТУ ISO/IEC 17025:2006
АТЕСТАТ ПРО АКРЕДИТАЦІЮ № 2Н846 дійсний до 09 березня 2020 року

м. Хмельницький, вул. пр. Миру, 63, тел./факс (0382) 78-90-78, E-mail: etalon125@ukr.net

2Н846
ДСТУ ISO/IEC 17025ПРОТОКОЛ № 960
випробувань
від "13" квітня 2017 року«ЗАТВЕРДЖУЮ»
директор ПІІ-НЦЛД «Еталон»
О.М. Кравцов

"13" квітня 2017 р.



Замовник, адреса, тел./факс Кравцов О. М.

Назва продукції Зразок продукту Біоїл (дистилат потрійний)

Дата виготовлення 2017 р.

Акт вибору б/н від 11.04.2016 р.

Дата одержання зразків для випробувань 12.04.2017 р.

Термін проведення випробувань 12.04.2017 р. – 13.04.2017 р.

Мета випробувань дослідження продукту Біоїл за заявленими фізико-хімічними показниками, на відповідність за окремими показниками, що передбачені згідно ДСТУ 4830:2007 Кислоти жирні олій. Технічні умови

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ:

№ п/п	Назва показників, одиниці вимірювань	Результати випробувань	Вимоги НД	НД на методи випробувань	Показник точності
1	2	3	4	5	6
Органолептичні показники					
1.	Колір за температури 20 °С	жовтого	Від жовтого до світло-брунатного	ДСТУ 4830:2007, додаток Б	-
2.	Прозорість за температури 70 °С	відповідає	Прозорі	ДСТУ 4463:2005	-
Жиринокислотний склад, %					
3.	Міристинова кислота (насичена, C _{14:0})	0,3	не регламентовано	ДСТУ ISO 5508-2001	-
4.	Пентадеканова кислота (насичена, C _{15:0})	<0,08			-
5.	Пальмітинова кислота (насичена, C _{16:0})	8,8			-
6.	Пальмітолеїнова кислота (мононенасичена, C _{16:1})	0,4			-
7.	Маргарінова кислота (насичена, C _{17:0})	<0,08			-
8.	10-гептадеканієва кислота (гептадецинова) (мононенасичена, C _{17:1})	<0,08			-
9.	Стеаринова кислота (насичена, C _{18:0})	1,9			-
10.	Олеїнова (цис/транс сума) кислота (мононенасичена, C _{18:1})	47,6			-
11.	Лінолева (транс-ізомер) кислота (поліненасичена, C _{18:2})	<0,08			-
12.	Лінолева (цис-ізомер) кислота (поліненасичена, C _{18:2})	21,4			-
13.	α-ліноленова кислота (поліненасичена, C _{18:3})	14,4			-
14.	β-ліноленова кислота (поліненасичена, C _{18:3})	0,4			-
15.	Ліноленова кислота (γ) (поліненасичена, C _{19:1})	<0,08			-
16.	Арахідова кислота (насичена, C _{20:0})	2,5			-
17.	Гондоїнова кислота (мононенасичена, C _{20:1})	<0,08			-
18.	Генейкозанова кислота (насичена, C _{21:0})	0,2			-
19.	Дигомо-ліноленова кислота (поліненасичена, C _{20:2ns})	<0,08			-
20.	Арахідонова кислота (поліненасичена, C _{20:4ns})	<0,08			-
21.	Бегонієва кислота (насичена, C _{22:0})	0,1			-
22.	Ерукова кислота (мононенасичена, C _{22:1})	1,6			-

Протокол випробувань стосується тільки зразків, підданих випробуванню.

Повне чи часткове передрукування протоколу без дозволу НЦЛД «Еталон» забороняється.

ФСУ-5.10/01-01

сторінка 1 з 2

Продовження протоколу № 960 від 13.04.2017 р.

Фізико-хімічні показники					
23.	Кислотне число, мг КОН/г	200,1	не менше 190,0	ДСТУ 4350:2004	0,5**
24.	Пероксидне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	1,0	не регламентовано	ДСТУ ISO 3960:2001	0,02**
25.	Йодне число, % I ₂	123,6	125-152	ДСТУ 4569:2006	0,6**
26.	Масова частка води та летких речовин, %	0,16	не більше 0,5	ДСТУ ISO 662:2004	0,03**
27.	Масова частка неомильних речовин, %	0,45	не більше 1,0	ДСТУ 6050:2008	0,01**
28.	Густина при температурі 20°C, г/см ³	0,900	не регламентовано	ДСТУ 4633:2006	0,001**
29.	Показник заломлення за температури 20°C	1,464	не регламентовано	ГОСТ 5482-90	0,001**
30.	Масова частка золи, %	<0,001*	не регламентовано	ДСТУ 5064:2008	-

* - якщо не вказано іншого методу

** - не визначеність розрахована згідно ПСУ 5.4/01

Прізвище особи, яка проводила випробування

Лоскутов С.В.
Студенець О.М.

Варшниця І.М.

(підпис)

Показники за п. 6, 13, 15-16 виконано поза сферою акредитації
 Протокол випробувань стосується тільки зразка, підданих випробуванню.
 Повне чи часткове передрукування протоколу без дозволу НЦЛД «Еталон» забороняється

ФСУ-5.10/01

сторінка 2 з 2



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА САНІТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА СЛУЖБА

ЗАТВЕРДЖУЮ

ДЕРЖАВНА САНІТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА
СЛУЖБА УКРАЇНИ

(назва установи)

вул. Грушевського, 7, м. Київ, 01601

(місцезнаходження)

253-94-84, 559-29-88



Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи

С.В. Протас

від 11.03 2016р.

№ 05.03.02-04/ 7120

Концентрат жирних кислот на основі рослинних олій згідно ТУ У 20.1-32576132-001:2016 "Концентрат жирних кислот на основі рослинних олій"

(об'єкт експертизи)

код за ДКПН: 20.14; 1518009500

(код за ДКПН, код за УКЗБЕД аржвул)

оптово-роздрібна торгівля, для виробництва пластифікаторів, мастильно-охолоджуючих рідин, лакофарбувальних виробів, дистилату вільних жирних кислот, вищих жирних спиртів, ефірів, алкідів, які застосовуються у виробництві ПАВ та м'яких засобів, солей ВЖК, парфумерно-косметичних виробів.

(сфера застосування та реалізації об'єкта експертизи)

ТОВ "Науково-виробнича фірма "Стар Трейд Компані Україна", Україна, м. Дніпропетровськ, вул. Набережна В.І. Леніна, буд. 29-А, код ЄДРПОУ: 32576132

країна походження об'єкта експертизи: Україна

(країна, виробник, адреса, місцезнаходження, телефон, факс, E-mail, WWW)

ТОВ "Науково-виробнича фірма "Стар Трейд Компані Україна", Україна, м. Дніпропетровськ, вул. Набережна В.І. Леніна, буд. 29-А, код ЄДРПОУ: 32576132

(заявник експертизи, адреса, місцезнаходження, телефон, факс, E-mail, WWW)

(дані про контракт на встановлення об'єкта експертизи в Україні)

Об'єкт експертизи відповідає встановленим медичним критеріям безпеки / показникам: ТУ У 20.1-32576132-001:2016 "Концентрат жирних кислот на основі рослинних олій" СанПіН № 6026 Б-91 «Санітарні правила і норми по производству и применению товаров бытовой химии» ДСанПіНу 2.2.9.027-99 "Державні санітарні правила і норми безпеки продукції парфумерно-косметичної промисловості", "Руководство по косметике ЕЭС" №76/768 від 14.06.93 р.; за результатами ідентифікації, оцінки ризику для здоров'я населення, а також результатами перевірки (контролю) наданого заявником зразка об'єкта експертизи, а саме індекс негативної дії на стан шкіри людини 0 балів. Мікробіологічні показники: МАФАМ, КУО в 1 см³ не більше 1000; дріжджі та плісняві гриби КУО в 1 г не більше 100.

(критерії безпеки / показники)

Необхідними умовами використання / застосування, зберігання, транспортування, утилізації, знищення є:

- дотримання вимог, які встановлені даним висновком за результатами випробування наданого зразка;
- забезпечення умов транспортування та термінів зберігання продукції відповідно до рекомендацій виробника, вказаних у супровідній документації;
- вибіркових випробувань об'єкта експертизи на відповідність вимогам даного висновку та діючого санітарного законодавства,

Проректор наукової роботи ВНЗ
Укоопспільноти Інститутів університет
економіки і торгівлі ІТЕ



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «Науково-виробнича фірма
«Стар Трейд Компані Україна»
Г.Таньшин



черезня 2016 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник ТОВ «Науково-виробнича фірма «Стар Трейд Компані Україна»

С.Г.Таньшин

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи на тему: «Ароматизація концентрату жирних кислот на основі рослинних олій «БЮЛЛ», НДР №0114U005410 «Технологічні інновації як фактор розвитку нанотехнологій: практичні, економічні і маркетингові дослідження»
найменування теми, № гос. реєстрації
виконаної ВНЗ Укоопспільноти ІТЕ

найменування ВНЗ
вартість б/о тис. грн.

виконуваної з 11.2015 по 1.03.2016
шфрами і прописом
терміни виконання

упроваджені ТОВ «Науково-виробнича фірма «Стар Трейд Компані Україна»
найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одиначне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод)

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно новий спосіб ароматизації концентрату жирних кислот на основі рослинних олій, продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка

6. Упроваджені: - у промислове виробництво пронес
вказати номер і дату актів

- у проєктні роботи лінійка, цех, пронес

вказати об'єкт, підприємство

7. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації продуктів для дитячого харчування

Відповідальний за впровадження
к.т.н. доц. Г.С.Дубова

Від підприємства
Головний технолог

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Науково-виробнича

фірма «Стар Трейд Компані

Україна» С.Г.Таньшин



березня 2016 р

споживчої оцінки продукції – ароматизований концентрат жирних кислот на основі рослинних олій «БІОЛІ»

розроблених на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки та торгівлі»

м. Полтава

“ 1 ” березня 2016 р.

Для проведення споживчої оцінки представлена нова продукція: ароматизований концентрат жирних кислот на основі рослинних олій «БІОЛІ».

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова

Представлені для оцінки зразки концентрату жирних кислот на основі рослинних олій «БІОЛІ» ароматизовані комплексом ферментів рослинної сировини. Учасники відмітили, що ароматизований концентрат жирних кислот на основі рослинних олій «БІОЛІ» має покращені споживчі характеристики, а саме задовільні ароматичні показники.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити практичну цінність представлених способів ароматизації концентрату жирних кислот на основі рослинних олій «БІОЛІ».
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованих способів ароматизації.
3. Відзначити ефективність ароматизації при промисловому виробництві концентрату жирних кислот на основі рослинних олій «БІОЛІ».

Технолог виробництва

Доцент кафедри ГРКС

Г.Є. Дубова

ДОДАТОК Ж

ТУ У 10.2-01597997-001:2016 «Ароматизатори на основі концентрату жирних кислот рослинних олій «БІОЛ»

ДКПН 10.84

УКНД 67.220

ПОГОДЖЕНО

Проректор наукової роботи ВНЗ
Укоопспілки «Полтавський університет
еконіміки і торгівлі» д.т.н.,
С.Б. Архипенко

« 1 » березня 2016 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор ТОВ «Науково-
виробнича фірма «Стар Трейд
Компані Україна»
С.А. Таньшин

« 1 » березня 2016 р.



**Ароматизатори на основі концентрату жирних кислот
рослинних олій «БІОЛ»**

ТЕХНІЧНІ УМОВИ


ТУ У 10.2-01597997-001:2016

(Уведено вперше)

Дата надання чинності «2» березня 2016 р.
Без обмеження терміну дії

РОЗРОБЛЕНО

к. т. н., доцент ВНЗ Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і
торгівлі»

 — Г.С. Дубова
« 1 » березня 2016 р.

ДОДАТОК И

Акт впровадження кафе «У Танюші» (м. Хорол)



Проректор (проректор) вузу
проф. ПУЕТ
Д.С. Карпенко

2012 р.

Директор
Л.В. Міщенко
свід. про держ. реєстрації ФОР
арія ВОЗ №46048
" 5 " червня 2012 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник Кафе „У Танюші“

найменування організації

Л.В. Міщенко Л.В. - заводчине

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи « Удосконалення технології овочевих напівфабрикатів за рахунок використання натурального підсилювача » 0110u007145

найменування теми, № гос. реєстрації виконаної ПУЕТ

найменування ВНЗ

вартість б/о тис.грн

цифрами і прописом

виконаної з 09.2011 по лінійний час

терміни виконання

упроваджені

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології

експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії

унікальне, одніичне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск

Методика (метод)

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва ароматизованих овочевих напівфабрикатів, продукт випускається вперше

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка

вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес

ділянка, цех, процес

- у проектні роботи Кафе „У Танюші“

вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект

очікуваний тис.грн.

фактичний тис.грн.

у тому числі пайова участь тис.грн.

%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів гри/гри

9. Обсяг упровадження 10 кг

що складає % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку

гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн),а

при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації овочевих продуктів

Від ВНЗ

к.т.н. доц. Г.С. Дубіва

Відповідальний за впровадження

Л.В. Вишар

Від підприємства

Головний технолог

Л.В. Міщенко

Л.В. Міщенко

Проректор виконання





Ректор (проректор) вузу
к.с.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко

2012 р.

Директор
І.П. Міщенко О.В.
свідоцтво про держ. реєстрацію. Фол
серія ВВЗ № 846048
" 5 " січня 2012 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник Кафе "У.Тамішки"
найменування організації
І.П. Міщенко О.В. - свідуюча
П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи
« Удосконалення технології емульсій з використанням хлорофільного комплексу»
№0110и007145

найменування теми, № гос. реєстрації виконавчої ПУЕТ
найменування ВНЗ

вартість _____ б/о _____ тис.грн

виконуваної _____ з 09.2011 по дійсний час
терміни виконання

упроваджені _____

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження
1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одиничне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва
ароматизованих емульсій, сирних паст і кремів. продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
діяльність, цех, процес
- у проектні роботи Кафе "У.Тамішки"
вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект
очікуваний _____ тис.грн.
фактичний _____ тис.грн.
у тому числі пайова участь _____ тис.грн.
%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження 10 кг
що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації
емульсійних продуктів

Від ВНЗ
к.т.н. доп. Г.С.Дубова
Відповідальний за впровадження
І.П. Т.Баранська



Від підприємства
Головний технолог
І.П. Міщенко О.В.

Ірина Міщенко О.В. свідуюча
Виконавчий директор І.П. Міщенко

ЗАТВЕРДЖУЮ

« 5 » листопада 2012 р.

АКТ

*дегустації нової продукції – сирих паст, кремів, емульсій,
розроблених на кафедрі технології та організації ресторанного
господарства
Полтавського університету економіки та торгівлі*

м. Ужгород« 5 » листопада 2012 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії _____, головний технолог підприємства Мицкевич О.В., к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, Т. Баранська .

На дегустацію представлена нова продукція:

Солодкі страви, холодні закуски виготовлені з використанням ароматизованих емульсій.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, Т.Баранська.

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з використанням емульсій ароматизованих хлорофіліним комплексом. Учасники дегустації відмітили, що продукція з використанням хлорофілу сприяє утворенню аромату, має високі смакові показники, надає лікувальні властивості виробам.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання хлорофільного комплексу.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії _____

головний технолог підприємства _____

к.т.н., доцент _____

магістр _____

Олена Мицкевич О.В.

Г.Є. Дубова

Т.Баранська

ЗАТВЕРДЖУЮ

« 5 » січня 2012 р.

АКТ

**дегустації нової продукції – овочевих напівфабрикатів,
розроблених на кафедрі технології та організації ресторанного
господарства
Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Харків « 5 » січня 2012 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії _____, головний технолог підприємства Мічурин О.В., к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, Д. Вишар.

На дегустацію представлена нова продукція:

Овочеві напівфабрикати, виготовлені з використанням натурального підсилювача аромату.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, Д.Вишар.

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з капусти (брюсельської, білокачанної). Учасники дегустації відмітили, що овочева продукція з використанням натуральних підсилювачів аромату має високі смакові показники, підвищує безпечність виробів.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання натуральних підсилювачів аромату.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії
головний технолог підприємства
к.т.н., доцент
магістр

Олександр Мічурин О.В.
Г.Є. Дубова
Д. Вишар

ДОДАТОК К
Акт дегустації виробів в ПУЕТ

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з наукової роботи
та міжнародних зв'язків ПУЕТ
проф. Карпенко О.В.
29 листопада 2012 року



АКТ ДЕГУСТАЦІЇ
продукції, виготовленої аспірантами, студентами
Полтавського університету економіки і торгівлі
від 29 листопада 2012 року

ПРИСУТНІ:

Голова дегустаційної комісії – к.е.н., проф. Карпенко О.В., проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків ПУЕТ;

Члени дегустаційної комісії:

Манжос О.Ф. – д.б.н., професор завідуючий кафедрою ТОРГ;

Капліна Т.В. – д.т.н., професор кафедри ТОРГ;

Дубова Г.Є. – к.т.н., доцент кафедри ТОРГ;

Рогова А.Л. – к.е.н., доцент кафедри ТОРГ;

Олійник Н.В. – к.т.н., доцент кафедри ТОРГ;

Коваленко Н.П. – к.с/г.н., доцент кафедри технології та організації ресторанного господарства;

Столярчук В.М. - к.т.н., доцент кафедри технології та організації ресторанного господарства;

Дібрівська Н.В. - к.т.н., доцент кафедри технології та організації ресторанного господарства;

Чоні І.В. - к.т.н., доцент кафедри технології та організації ресторанного господарства;

Грищенко А.М. – начальник управління торгівлі, ресторанного господарства, послуг і ринків Полтавської ОСС;

Котенко Н.Б. – директор навчально-виробничого комбінату ПУЕТ.

На дегустацію були представлені наукові розробки аспірантів, здобувачів, студентів факультету харчових технологій, готельно-ресторанного і туристичного бізнесу, які виготовлені під керівництвом викладачів кафедри технології та організації ресторанного господарства:

1.	Наповнювач – напівфабрикат «Кавун»	Здобувач кафедри ТОРГ Овчиннікова С.О. Науковий керівник: доцент Дубова Г.Є.
2.	Буженина «Санта-Фе»	Студентки групи ТРГ-51м Голіздра Н.О., Чумак А. Науковий керівник: доцент Бородай А.Б.
3.	Кекс «Смарагдовий»	Студентка групи ТРГ -51м Страшко В. В. Науковий керівник: доцент Столярчук В. М.
4.	Кекс «Насолода»	Студентка групи ТРГ-51м Масюк О.О. Науковий керівник: доцент Олійник Н.В.
5.	Булочка «Діабетична»	Студентка гр. ТРГ-51 м Березовська К. В. Науковий керівник: доцент Рогова А. Л.
6.	Напій «Шипшиновий», «Обліпиховий», «Калиновий»	Здобувач кафедри ТОРГ Миронов Д.А. Науковий керівник: д. т. н., професор Капліна Т. В.

7.	Тістечко листкове «Ароматне»	Студентка групи ТРГ -51м Житковська В. В. Науковий керівник: д. т. н., професор Капліна Т. В.
8.	Булочка «Зернятко»	Студент групи ТРГ -51м Гергель А.С. Науковий керівник: д. т. н., професор Капліна Т. В.,
9.	Зефіри «Калиновий рай», «Обліпихова насолода», «Поцілунок бузини»	Студентка групи ТРГ-51 м Беркало А.В. Науковий керівник: доцент Дібрівська Н.В.
10.	Соус «Ізумрудний»	Студентка групи ТРГ-66м Веремсєва Ю.А. Науковий керівник: доцент Чоні І.В.
11.	Десерт- самбук «Зимова казка» Десерт- мусс «Фантазія»	Студентка групи ТРГ-66м Іванова А.В. Науковий керівник: доцент Чоні І.В.
12.	Креми сирні «Бузковий», «Сонячний», «Україночка»	Студент групи ТРГ-66м Куракін: О.Б. Науковий керівник: доцент Дібрівська Н.В.
13.	Парфе «Калинова пісня», «Бузиновий рай», «Обліпихові ласощі»	Студентка групи ТРГ-51м Паладійчук А.О. Науковий керівник: доцент Дібрівська Н.В.

Відмічено, що представлені вироби мають високі органолептичні показники і можуть бути рекомендовані для впровадження у закладах ресторанного господарства і харчових підприємствах.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Схвалити технологію та рецептури нових страв та виробів, розроблених аспірантами, здобувачами і студентами факультету харчових технологій, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу, відмітити їх новизну та практичну значимість.
2. Рекомендувати нову продукцію до впровадження в підприємствах ресторанного господарства.
3. Запропонувати для використання в навчальному процесі розроблені технології і рецептури страв та виробів.

Голова дегустаційної комісії
проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків,
к.е.н., проф. Карпенко О.В.

Члени дегустаційної комісії:

д.б.н., проф. Манжос О.Ф.
д.т.н., проф. Капліна Т.В.
к.е.н., доц. Рогова А.Л.
к.т.н., доц. Дубова Г.Є.
к.т.н., доц. Олійник Н.В.
к.с/г.н., доц. Коваленко Н.П.
к.т.н., доц. Столярчук В.М.
к.т.н., доц. Дібрівська Н.В.
к.т.н., доц. Чоні І.В.

начальник управління торгівлі, ресторанного господарства,
послуг і ринків Полтавської ОСС Грищенко А.М.
директор НВК ПУЕТ Котенко Н.Б.

ДОДАТОК Л
Акт впровадження ПрАТ «Полтавпиво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри харчових

технологій ПДАУ

Ніна БУДНИК

2022 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник ПрАТ «Фірма «Полтавпиво»
найменування організації
Хавер Л.П.
П.І.Б. керівника ділянки/цеху

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Виготовлення картопляного соку для масового споживання»
«Розроблення методів підвищення біологічної активності харчових продуктів для спеціальних медичних цілей» № 0122U/200933
найменування теми, № гос. реєстрації

виконаної в ПДАУ _____
найменування ВНЗ

вартість без оплати _____ тис.грн
цифрами і прописом

виконуваної з 09.2021 по теперішній час _____
терміни виконання

упроваджені Цех безалкогольних напоїв
найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид впроваджених результатів технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одиничне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт нова технологія виробництва ароматизованих напоїв з лікувальними властивостями, продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
ділянка, цех, процес
- у проектні роботи _____
вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект
очікуваний _____ тис.грн.
фактичний _____ тис.грн.
%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність впроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг впровадження 10 л
що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації продуктів для лікувально-дієтичного харчування

Відповідальний за впровадження
к.т.н. доц. Г.Є.Дубова
Науковий співавтор
Магістр ПДАУ, Мирошніков В.О.

Від підприємства
Технолог/майстер цеху
Хавер Л.П.



ЗАТВЕРДЖУЮЗавідувачка кафедри харчових
технологій ПДАУ« 1 » 12 Ніна БУДНИК
2022 року**АКТ ДЕГУСТАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ**

картопляний сік для дієтичного харчування з ароматом від натуральних попередників, розроблений на кафедрі харчових технологій ПДАУ, кафедрі трансляційної медичної біоінженерії КПІ

м. Полтава

« 1 » грудня 2022 р.***На дегустацію представлена нова продукція:***

Зразки картопляного соку з різними присмаками та ароматами (кавуна, свіжих томатів, фруктовими, цвіту чіппи).

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, магістр Мірошніков В.О.

Представлені на дегустацію напої з соком сирої картоплі виготовлені за оригінальною рецептурою з використанням плазми кавунів, томатів, які активують природні процеси ферментативного ароматоутворення. Учасники дегустації відмітили, що напої мають привабливі споживчі характеристики, а саме присмний аромат, колір та смак. В рецептурі були використані екстракти з ферментованого листа липи, які покращують аромат та додатково збагачують напої корисними компонентами.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити практичну цінність та перспективність представленої технології покращення органолептичних характеристик картопляного соку лікувально-профілактичного, оздоровчого призначення.

2. Відмітити ефективність запропонованого способу ароматизації за допомогою попередників аромату сировини.

3. Відзначити доцільність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Технолог/майстер цеху

Розробники:

к.т.н., доцент

магістр



Л.П. Хавер

Г.Є. Дубова

В.О. Мірошніков

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри харчових
технологій ПДАУ Ніна БУДНИК

« 1 » 12 2022 року

АКТ

апробації науково-методичної розробки

Об'єкт апробації та впровадження: науково-методичні підходи до отримання лікувально-профілактичного напою з картоплі та надання йому необхідних привабливих споживчих властивостей.

Джерело науково-технічної інформації – наукові публікації:

- Дубова Г. С., Мірошніков В. О., Петрашенко А. В. Фактори впливу на смакові характеристики нутріцевтиків з сирі картоплі та цибулі. *Хімія природних сполук: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю* (м. Тернопіль, 27-28 жовтня 2022 р.). Тернопіль: ТНМУ, 2022. 187 с.
- Dubova H., Levchuk I., Holubets O., Miroshnikov V. Fermentation Technology Of Leaves For Flavored Drinks. *Proceedings Of University Of Ruse* Научни трудове, Химични технологии & Биотехнологии и хранителни технологи, University of Ruse "Angel Kanchev" 2022, volume 61. P.

Підрозділ, відповідальний за апробацію та впровадження: цех виробництва безалкогольних напоїв ПрАТ «Фірма «Потавпиво».

Період, протягом якого проводилася апробація та впровадження: 09.2021 р. – 12.2022 р.

Результати апробації та впровадження:

- проведена апробація зразків картопляного соку з плазмою кавунів, томатів та ферментованим листям плодкових дерев і ягід,
- відзначено, що смак і аромат картопляного напою з рослинною плазмою суттєво покращується і може бути рекомендований для промислового впровадження,
- доведена доцільність застосування екстрактів з ферментованого листя плодкових дерев та липи в якості натуральних ароматизаторів,
- активація ферментів сирі картоплі рослинною плазмою призводить до уповільнення ферментативного потемніння, що суттєво покращує колір картопляного напою,
- надані практичні рекомендації стосовно застосування плазми томатів, кавунів, як потужних активаторів процесів утворення приємних органолептичних показників соку з сирі картоплі.

Відповідальні за апробацію та впровадження:

Начальник виробництва пива та б/а напоїв
Майстер цеху

Розробники:
Магістрант ПДАУ
Докторант КПІ



Ольга МАМОН
Леся ХАВЕР

Владислав МІРОШНІКОВ
Галина ДУБОВА

ДОДАТОК М

Акт впровадження результатів в кафе «Екватор плюс», ресторан «Таверна Фрегат»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ресторану «Таверна
Фрегат»

Дубчак С.І.

"18" листопада 2012 р.



АКТ

впровадження результатів наукової роботи

Дубової Галини Євгеніївни, Бадюк Наталії Олександрівни

м. Чернівці

"18" листопада 2012 р.

Комісія у складі: представника кафедри технології та організації ресторанного господарства ПУЕТ доцента Дубової Г.Є., викладача технологічних дисциплін Чернівецького кооперативного економіко-правового коледжу, магістра харчових технологій та інженерії Бадюк Н.О. з однієї сторони, та представником ресторану «Таверна Фрегат» директором Дубчак Світланою Іванівною з другої сторони склали даний акт про те, що результати магістерської роботи Бадюк Н.О., представлені на здобуття магістерського ступеня, були використані протягом 2012 року у проектно-конструкторській та виробничій діяльності підприємства у вигляді:

1. технічних пропозицій по вдосконаленню апаратурно-технологічної схеми виробництва фруктово-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій;
2. перевірки та уточнення виробничих режимів отримання фруктово-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій, у тому числі отримання партії таких приправ як «Пряний чатні», «Бальзамічна хвиля» та «Східна мрія», які відповідали вимогам проекту «Ароматичні приправи з рослинної сировини»;
3. ескізних проектів принципово-технологічної та апаратурно-технологічної схеми виробництва приправ «Пряний чатні», «Бальзамічна хвиля» та «Східна мрія» та проектів обладнання для отримання даних приправ;
4. методики дослідження властивостей фруктово-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій з використанням стандартних методів;
5. рекомендацій щодо використання та впровадження отриманих фруктовоочевих приправ «Пряний чатні», «Бальзамічна хвиля» та «Східна мрія» у технологію харчової продукції.

Основні результати випробувань:

1. У ході випробувань використовувалась така сировина як: виноград, яблука, інжир, вишня (заморожена), оцет, спеції, ароматичні трави, цукор, мед.
2. Плита ПЕШМ – 4ШБ, соковижималка Bosch MES3000, прес для винограду.
3. Отримано фруктово-ягідні приправи «Пряний чатні» загальною кількістю 10 кг, «Бальзамічна хвиля» загальною кількістю 10 кг та «Східна мрія» загальною кількістю 10 кг.
4. Визначені органолептичні та фізико-хімічні показники фруктово-ягідних приправ, відзначені їх позитивні характеристики.
5. Органолептичні та фізико-хімічні показники приправ наведені в табл.1, 2.

Таблиця 1

Органолептичні показники зразків фруктово-ягідних приправ

Показники	«Пряний чатні»	«Бальзамічна хвиля»	«Східна мрія»
Зовнішній вигляд	Однорідна густа рідина без сторонніх включень	Однорідна густа рідина з невеликою кількістю осаду	Однорідна густа рідина з невеликою кількістю осаду
Колір	Карамельний з рожевим відтінком	Бордовий, насичений	Карамельний з темним відтінком
Аромат	Гармонійний, насичений аромат інжиру з присмаком бальзамічного оцту	Характерний вишневий, з присмаком бальзамічного оцту	Фруктовий, з присмаком бальзамічного оцту

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники зразків аромоконцентратів

Назва показника	«Пряний чайні»	«Бальзамічна хвиля»	«Східна мрія»
Вміст сухих речовин, %	50	55	60
Об'ємна доля ароматичних речовин, % не менше	75	84	80
Вміст летких кислот, %	1	1	1
pH	4,5	4,3	4,7

Використання вказаних результатів дозволяє зробити основні висновки та рекомендації:

Запропонована технологія за магістерською роботою "Перспективи використання оцтових есенцій у технологіях кулінарної продукції" з уточненням технологічних режимів базується на типовому обладнанні ресторанного господарства та може бути рекомендована до впровадження у промислове виробництво.

За виробничими виробуваннями дослідної партії (по 10 кг кожного зразку) встановлено отримання високоякісних натуральних фруктових-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій, що має практичне використання для приготування різноманітних блюд з унікальним смаком та ароматом бальзамічного оцту та індійських соусів з поліпшенням їх органолептичних показників, а також підвищення ефективності використання рослинної сировини та енергоресурсів для її перероблення.

За показниками екологічної чистоти виробництво даних приправ відповідає вимогам діючих стандартів.


Від ресторану «Таверна Фрегат»



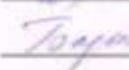
С.І. Дубчак



Від розробників



Г.С. Дубова



Н.О. Байдок



АКТ

впровадження результатів наукової роботи Дубової Галини Євгенівни, Бадюк Наталії Олександрівни

м. Чернівці

"25" жовтня 2012 р.

Комісія у складі: представника кафедри технології та організації ресторанного господарства ПУЕТ доцента Дубової Г.Є., викладача технологічних дисциплін Чернівецького кооперативного економіко-правового коледжу, магістра харчових технологій та інженерії Бадюк Н.О. з однієї сторони, та представником кафе «Екватор плюс» директором Боєчко Уляни Романівни з другої сторони склали даний акт про те, що результати магістерської роботи Бадюк Н.О., представленої на здобуття магістерського ступеня, були використані протягом 2012 року у проектно-конструкторській та виробничій діяльності підприємства у вигляді:

1. технічних пропозицій по вдосконаленню апаратурно-технологічної схеми виробництва фруктово-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій;
2. перевірки та уточнення виробничих режимів отримання фруктово-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій, у тому числі отримання партії таких приправ як «Пряний чатні», «Бальзамічна хвиля» та «Східна мрія», які відповідали вимогам проекту «Ароматичні приправи з рослинної сировини»;
3. ескізних проектів принципово-технологічної та апаратурно-технологічної схеми виробництва приправ «Пряний чатні», «Бальзамічна хвиля» та «Східна мрія» та проектів обладнання для отримання даних приправ;
4. методики дослідження властивостей фруктово-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій з використанням стандартних методів;
5. рекомендацій щодо використання та впровадження отриманих фруктово-ягідних приправ «Пряний чатні», «Бальзамічна хвиля» та «Східна мрія» у технологію харчової продукції.

Основні результати випробувань:

1. У ході випробувань використовувалась така сировина як: виноград, яблука, інжир, вишня (заморожена), оцет, спеції, ароматичні трави, цукор, мед.
2. Плита ПЕШМ – 4ШБ, соковижималка Bosch MES3000, прес для винограду.
3. Отримано фруктово-ягідні приправи «Пряний чатні» загальною кількістю 10 кг, «Бальзамічна хвиля» загальною кількістю 10 кг та «Східна мрія» загальною кількістю 10 кг.
4. Визначені органолептичні та фізико-хімічні показники фруктово-ягідних приправ, відзначені їх позитивні характеристики.
5. Органолептичні та фізико-хімічні показники приправ наведені в табл.1, 2.

Таблиця 1

Органолептичні показники зразків фруктово-ягідних приправ

Показники	«Пряний чатні»	«Бальзамічна хвиля»	«Східна мрія»
Зовнішній вигляд	Однорідна густа рідина без сторонніх включень	Однорідна густа рідина з невеликою кількістю осаду	Однорідна густа рідина з невеликою кількістю осаду
Колір	Карамельний з рожевим відтінком	Бордовий, насичений	Карамельний з темним відтінком
Аромат	Гармонійний, насичений аромат інжиру з присмаком бальзамічного оцту	Характерний вишневий, з присмаком бальзамічного оцту	Фруктовий, з присмаком бальзамічного оцту

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники зразків аромоконцентратів

Назва показника	«Пряний чатні»	«Бальзамічна хвиля»	«Східна мрія»
Вміст сухих речовин, %	50	55	60
Об'ємна доля ароматичних речовин, % не менше	75	84	80
Вміст летких кислот, %	1	1	1
pH	4,5	4,3	4,7

Використання вказаних результатів дозволяє зробити основні висновки та рекомендації:

Запропонована технологія за магістерською роботою "Перспективи використання оцтових есенцій у технологіях кулінарної продукції" з уточненням технологічних режимів базується на типовому обладнанні ресторанного господарства та може бути рекомендована до впровадження у промислове виробництво.

За виробничими випробуваннями дослідної партії (по 10 кг кожного зразку) встановлено отримання високоякісних натуральних фруктових-ягідних приправ з використанням оцтових есенцій, що має практичне використання для приготування різноманітних блюд з унікальним смаком та ароматом бальзамічного оцту та індійських соусів з поліпшенням їх органолептичних показників, а також підвищення ефективності використання рослинної сировини та енергоресурсів для її перероблення.


За показниками екологічної чистоти виробництво даних приправ відповідає вимогам діючих стандартів


Від кафе «Екватор плюс»


М.Р. Боєчко



Від розробників


Г.С. Дубова


Н.О. Бадюк

ДОДАТОК Н
Акт виготовлення дослідної партії в підприємстві «Днепр»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ПП «Днепр»


Курченко Д.В.
Дніпро
Холодильний
3 січня 2010 р.

АКТ

виготовлення дослідної партії ковбас

Представники підприємства: начальник ковбасного цеху Донишевський Ігор Іванович, завідувач лабораторії Сергєєва Елена Іванівна .

Представники розробника: доцент кафедри ЗІД ПУСКУ Дубова Г.Є.

склали дійсний акт про виготовлення дослідної партії ковбаси з додаванням рідкого натурального ароматизатору «Коріандр», «Базилік», «Горіх», «Перець».

Вид ковбаси: «Варена з додаванням білкових та соєвих ізолятів».

При виробництві вище вказаної ковбаси були замінені існуючі ароматизатори ідентичні натуральним на натуральні отримані вакуумним сушінням з НВЧ-енергопідводом. Визначалась стійкість аромату в готових виробках та відновлення аромату після зберігання. Ці дослідження проводилися з метою тестування натурального ароматизатору у харчових продуктах (в даному випадку в ковбасі).

Дослідження проводилися на обладнанні ковбасного цеху, який виробляє варені ковбаси.

Виробництво ковбаси виконувалось по стандартній технології, ароматизатор вносили під час додавання спецій в кількості, передбаченій даною технологією.

Дата виготовлення: 3 січня 2010 р. Об'єм дослідної партії 10 кг.

50% дослідної партії було про дегустовано і піддано контролю та протестовано на насиченість даних ароматів, інші 50% - закладені на зберігання протягом 72 годин.

Примітка: натуральний рідкий ароматизатор був отриманий дослідним шляхом на спеціальній установці в науково-дослідній лабораторії ПУСКУ.

Начальник ковбасного цеху.......... Донішевський І.І.

Зав. Лабораторії..........Сергеева Е.І.

Доцент кафедри ЗІД ПУСКУ..........Дубова Г.Є.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор МП «Дніпро»




Курченко Д.В.
19 січня 2010 р.

АКТ

суцільного контролю дослідної партії ковбас

Представники підприємства: начальник ковбасного цеху Донішевський І.І.,
завідувач лабораторії Сергєєва Е.І.

Представники розробника: доцент кафедри ЗІД ПУСКУ Дубова Г.Є.
склали акт суцільного контролю дослідної партії ковбаси з додаванням
рідких натуральних ароматизаторів.

Вид ковбаси: Варена з додаванням сосвих та білкових ізолятів.

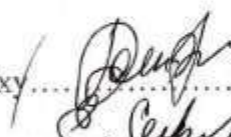
Дата виготовлення: 3 січня 2010 р.

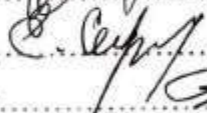
Виробництво ковбаси виконувалось по стандартній технології ТУ,
ароматизатор вносили під час додавання спецій.

Дата проведення контролю: 3 січня 2010 р.

Об'єм дослідної партії 10 кг.

Брак був відсутній.

Начальник ковбасного цеху..........Донішевський І.І.

Зав. лабораторії..........Сергєєва Е.

Доцент кафедри ЗІД ПУСКУ..........Дубова Г.Є.

ВИПИСКА

із акту дегустації від 3 січня 2010 р.

Ковбасний цех

Курченко Д.В.



Були присутні: директор Курченко Д.В., начальник цеху Донішевський І.І.,
Зав. Лабораторією Сергєєва Е.І.

На дегустацію представлені зразки вареної ковбаси, виробленої 25.00.09 р. з
додаванням натуральних ароматизаторів «Коріандр», «Базилік», «Горіх»,
«Перець». Перевага - заміна штучних ароматизаторів натуральними,
покращення органолептичних властивостей.

Висновок: ковбаса відповідає усім показникам якості по відповідній
нормативно-технічній документації, та має приємний аромат коріандру,
базиліку, горіху, перцю.

Рекомендувати використання рідких натуральних ароматизаторів, як
додаткової спеції у виробництві ковбаси.

Директор ЧП «Дніпро».....Курченко Д.В.

Вірно:

Зав. лабораторією.....Сергєєва Е.І.

ВИПИСКА

із журналу контролю якості дослідної партії ковбаси варені з додаванням соєвих та білкових ізолятів.

вироблена 3 січня 2010 р., за стандартною технологією.

Фізико-хімічні показники ковбаси після 72 годинного зберігання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Мікробіологічні показники дослідної ковбаси

Назва	Кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО, в 1 г. Продукту не більше ніж:	Бактерії групи кишкових паличок в 1 г. Продукту	Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду сальмонела у 25 г. продукту	Сульфитредуквальні клостридії в 0,01 г. продукту
Контрольний зразок	$1 \cdot 10^3$	не дозволено	не дозволено	не дозволено
Дослідний зразок	$1 \cdot 10^2$	відсутні	відсутні	відсутні

Висновок: Фізико-хімічні показники ковбаси відповідають нормативно-технічній документації.

Вірно.....

Зав. лабораторією.

Ковбасний цех
Курченко Д.В.




ДОДАТОК П

Акт виготовлення дослідної партії продукту «Панський двір»



АКТ

виготовлення дослідної партії продукту

Представники підприємства: начальник ковбасного цеху Довгун В.П.
технолог Дяченко О.В., завідувача лабораторії Миргородская Н.А.

Представники розробника: доцент кафедри ЗІД ПУЕТ Дубова Г.Є.

склали дійсний акт про виготовлення дослідної партії м'ясних продуктів з додаванням натуральних ароматизаторів.

Вид продукту: сосиски, варені ковбаси

При виробництві вище вказаних продуктів були використані:

- натуральні ароматизатори отримані вакуумною обробкою для заміни групи ароматизаторів «ідентичні натуральним»;
- ароматичний комплекс з підсилювачем аромату.

Визначалась стійкість аромату в готових виробках та відновлення аромату в продуктах після зберігання. Ці дослідження проводилися з метою тестування натурального ароматизатору у харчових продуктах.

Дослідження проводилися на обладнанні ковбасного цеху, який виробляє варені ковбаси.

Виробництво ковбаси виконувалось по стандартній технології, ароматизатори вносили під час приготування фаршу в кількості передбаченій даною технологією.

Дата виготовлення: « 3.01 » « 2016 » р. Об'єм дослідної партії 50 кг. 40% дослідної партії було продегустовано, піддано контролю, протестовано на насиченість даних ароматів, інші 60% - закладені на зберігання протягом 72 годин.

Примітка: натуральні ароматизатори та ароматичний комплекс з підсилювачем аромату були отримані на спеціальній установці в науково-дослідній лабораторії ПУЕТ та з використанням рослинних ферментів.

Начальник ковбасного цеху..........Довгун В.П.

Доцент кафедри ЗІД ПУЕТ..........Дубова Г.Є.



ВИПИСКА

із журналу контролю якості дослідної партії ковбас та сосисок з використанням натуральні ароматизатори та ароматичний комплекс з підсилювачем аромату.

вироблена « 3.01 » « 2016 » р., за стандартною технологією.

Фізико-хімічні показники ковбаси після 72 годинного зберігання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 Мікробіологічні показники дослідної ковбаси

Назва	Кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО, в 1 г. Продукту не більше ніж:	Бактерії групи кишкових паличок в 1 г. Продукту	Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду сальмонела у 25 г. продукта	Сульфитредуквальні клостридії в 0,01 г. продукту
Контрольний зразок	$1 \cdot 10^3$	не дозволено	не дозволено	не дозволено
Дослідний зразок	$1 \cdot 10^2$	відсутні	відсутні	відсутні

Висновок: Фізико-хімічні показники ковбаси відповідають нормативно-технічній документації.

Вірно

Зав. лабораторією

Віктор *Вірноподська Н.А.*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Підприємство переробки
м'яса «Панський двір»

АКТ

суцільного контролю дослідної партії ковбас

Представники підприємства: начальник цеху Довгун В.П., зав. лабораторією Миргородська Н.А., технолог Дяченко О.В.

Представники розробника: доцент кафедри ЗІД ПУЕТ Дубова Г.Є.
склали акт суцільного контролю дослідної партії ковбаси з додаванням натуральних ароматизаторів та ароматичного комплексу з підсилювачем аромату.

Вид продукту: сосиски, варені ковбаси

Дата виготовлення:

Виробництво ковбаси виконувалось по стандартній технології ТУ, ароматизатори вносили під час приготування фаршу.

Дата проведення контролю:

Об'єм дослідної партії 50 кг.

Брак відсутній.

Начальник ковбасного цеху..........Довгун В.П.Зав. лабораторією..........Миргородська Н.А.Доцент кафедри ЗІД ПУЕТ..........Дубова Г.Є.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Підприємство переробки
м'яса «Панський двір»

ВИПСКА

із акту дегустації від « 3.01 » « 2016 » р.

Були присутні: начальник цеху Довгун В.П., зав. лабораторією Миргородська Н.А., технолог Дяченко О.В.

На дегустацію представлені зразки вареної ковбаси, сосисок вироблених з додаванням натуральних ароматизаторів та ароматичного комплексу з підсилювачем аромату для заміни ароматизаторів «ідентичних натуральним» та покращення органолептичних властивостей готових виробів.

Висновок: ковбаси та сосиски відповідають усім показникам якості по відповідній нормативно-технічній документації, та мають приємний аромат коріандру, базиліку, горіху, перцю.

Рекомендувати використання натуральних ароматизаторів та ароматичного комплексу з підсилювачем аромату у виробництві м'ясних продуктів.

Начальник ковбасного цеху.....  Довгун В.П.

Технолог Дяченко О.В.

Вірно:

Зав. лабораторією.....  Миргородська Н.А.



ДОДАТОК Р

Акт впровадження в закладі харчування «Полтавагазвидобування»



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник ВНЗ ППЧ Полтавагазвидобування
найменування організації
Бутра НО Є
П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Отримання соковмісного калинового напою з додаванням пряно-ароматичних трав»

405/14 0114U005410
найменування теми, № гос. реєстрації виконаної ПУЕТ
найменування ВНЗ
вартість _____ б/о _____ тис.грн
цифрами і прописом
виконуваної з 09.2009 по дійсний час
терміни виконання
упроваджені _____

- найменування підприємства, де здійснювалося впровадження
1. Вид упроваджених результатів технологія, експлуатація індивідуального типу обладнання
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)
 2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одичне, партії, масове, серійне
 3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод) _____
 4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва соковмісних калинових напоїв з додаванням пряно ароматичних трав, продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок
 5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів
 6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
ділянка, цех, процес
- у проектні роботи _____
вказати об'єкт, підприємство
 7. Річний економічний ефект
очікуваний _____ тис.грн.
фактичний _____ тис.грн.
у тому числі пайова участь _____ тис.грн.
%, цифрами і прописом
 8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн
 9. Обсяг упровадження 10 л
що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.
 10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації компонентів напоїв

Від ВНЗ
к.т.н. доц. Г.Є.Дубова
Відповідальний за впровадження
О.І. Мельник

Від підприємства
Головний технолог
Т.Н. Стаєвська

ЗАТВЕРДЖУЮ
 « 7 » 10 2015 р.

АКТ

дегустації нової продукції – соковмісних калинових напоїв з додаванням
 пряно-ароматичних трав
 розроблених на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи
 Полтавського університету економіки та торгівлі
 м. Полтава " 8 " 10 2015 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії Радченко С.І. головний технолог підприємства Т.М. Пасізна, к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, асистент О.І.Мельник.

На дегустацію представлена нова продукція:

Соковмісні калинові напої виготовлені з використанням пряно-ароматичних трав.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, О.І.Мельник

Представлені на дегустацію соковмісні калинові напої виготовлені з додаванням пряно-ароматичних трав, оброблених в мікрохвильовому полі. Учасники дегустації відмітили, що напої мають приємний аромат, високі смакові показники, надають лікувальні властивості отриманому продукту.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання калинового напою з додаванням пряно-ароматичних трав.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу в технологіях соковмісних напоїв.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії	<u>Радченко С.І.</u>	<u>Радченко С.І.</u>
головний технолог підприємства	<u>Т.М. Пасізна</u>	Т.М. Пасізна
к.т.н., доцент	<u>Г.Є. Дубова</u>	Г.Є. Дубова
асистент	<u>О.І.Мельник</u>	О.І.Мельник



Директор
роботи
ПУЕТ
Груша

2015 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник

ІНТЮ НАУ ШКОЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

найменування організації

Груша ДП

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Отримання морсу калинового з
додаванням листя груші-дички»

405/14 0114U005410

найменування теми, № гос. реєстрації

виконаної ПУЕТ

найменування ВНЗ

вартість б/о

тис.грн

виконуваної цифрами і прописом

з 09.2009 по дійсний час

упроваджені терміни виконання

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів технологія, експлуатація індивідуального
типу обладнання

2. Характеристика масштабу впровадження експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

3. Форма впровадження партії

унікальне, одиничне, партії, масове, серійне

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт виробничий випуск

Методика (метод)

5. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва
соковмісних калинових напоїв з додаванням пряно ароматичних трав, продукт
випускається вперше

підприємство, де здійснювалося впровадження
6. Дослідно-промислова перевірка підприємство

7. Упроваджені: - у промислове виробництво вказати номер і дату актів процес

- у проектні роботи ділянка, цех, процес

вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект

очікуваний тис.грн.

фактичний тис.грн.

у тому числі пайова участь тис.грн.

%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів грн/грн

9. Обсяг упровадження 10 л

що складає % від обсягу впровадження, покладеного в основу
розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар.
= тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації
компонентів напоїв

Від ВНЗ

к.т.н. доц. Г.Є.Дубова

Відповідальний за впровадження

О.І. Мельник

Від підприємства

Головний технолог

Т.М. Паєвська



АКТ

**дегустації нової продукції – калинових морсів з додаванням листя груші-дички
розроблених на готельно-ресторанної та курортної справи
Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Полтава " 8 " 10 2015 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії Редченко С.І., головний технолог підприємства Т.М. Паєзжна, к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, асистент О.І.Мельник.

На дегустацію представлена нова продукція:

Калинові морси виготовлені з додаванням листя груші-дички.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, О.І.Мельник

Представлені на дегустацію калинові морси виготовлені з додаванням листя груші-дички, оброблених в мікрохвильовому полі. Учасники дегустації відмітили, що морси мають приємний аромат, високі смакові показники, надають лікувальні властивості отриманому продукту.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання калинового морсу з додаванням листя груші-дички
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу в технологіях соковмісних напоїв.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії	<u>[Signature]</u>	<u>С.І. Редченко</u>
головний технолог підприємства	<u>[Signature]</u>	<u>Т.М. Паєзжна</u>
к.т.н., доцент	<u>[Signature]</u>	<u>Г.Є. Дубова</u>
асистент	<u>[Signature]</u>	<u>О.І.Мельник</u>

ДОДАТОК С

Акт виготовлення дослідно-промислової партії на підприємстві «Світанок»



**Акт виготовлення дослідно-промислової партії
напоїв «Квас-асорті», «Кавунятко»**

Співробітниками ТОВ «Світанок» в порядку виробничих випробувань згідно з розробленими технологічними картами і рецептурами до ТУ У 15.1-01597997-03:2013 «Ароматизатори FTNF, WONF» була виготовлена дослідна партія напоїв «Квас-асорті», «Кавунятко» в кількості 50 л з використанням огіркового, динного, гарбузового і кавунового ароматизаторів, які виготовлені в спеціалізованій лабораторії ПУЕТ «Ароматехнології» згідно результатів роботи міжкфедральної науково-дослідної бюджетної теми «Технологічні інновації як фактор розвитку нанотехнологій: практичні, економічні і маркетингові дослідження» (номер державної реєстрації 0114U005410). Технологічний процес виробництва напоїв здійснено на діючому обладнанні ТОВ «Світанок». Суцільний контроль якості дослідно-промислової партії здійснений в лабораторії ТОВ «Світанок», дегустаційні випробування проведені в лабораторії ПУЕТ «Ароматехнології».

Доцент кафедри готельно-ресторанної
та курортної справи ПУЕТ, к.т.н.

 Дубова Г.Є.

Начальник цеху ТОВ
«Світанок»



Здобувач кафедри готельно-
ресторанної та курортної справи
ПУЕТ

 Овчиннікова С.О.

ДОДАТОК Т

«Натуральні ароматизатори» ТУ 15.3-01597997-001:2010

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ СПОЖИВЧОЇ КООПЕРАЦІЇ УКРАЇНИ

УЗГОДЖЕНО
 Директор ЧП „Дніпро”
 Д.В.Курченко
 актом приймання дослідного зразка
 від 19 січня 2010 р

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор наукової
 роботи та міжнародних
 зв'язків ПУ
 Д.В.Курченко

НАТУРАЛЬНІ АРОМАТИЗАТОРИ

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

Вводяться вперше

Строк введення з 2010 року 19 січня
 - Строк дії до 2011 року 19 січня

РОЗРОБЛЕНО

Керівник розробки:
Bezusov д.т.н., проф. Безусов А.Т.
 Відповідальний виконавець:
Dubova доцент ПУСКУ Дубова Г.Е.

2010

ДОДАТОК У

«Ароматизатори FTNF, WONF» ТУ 10.2-01597997-003:2014



«Ароматизатори FTNF, WONF»

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ТУ У 15.1-01597997-003:2014

(Уведено вперше)

Дата надання чинності «24» липня 2014 р.
Чинні до «20» лютого 2017 р.

РОЗРОБЛЕНО

к. т. н., доцент Полтавського
університету економіки і торгівлі Г.С. Дубова

« 26 02 » 2014 р.

Інженер-технолог

Полтавського університету економіки і
торгівлі С.О. Овчиннікова

« 26 02 » 2014 р.

ДОДАТОК Ф

Акт впровадження концерт-хол «Версаль»

Проректор
з наукової роботи
д.т.н., доцент ПУЕТ

Директор

2015 р.

2015 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник С.В. Гаркуша
найменування організації
Підприємство Д.В.
П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Отримання соковмісного
калінового напою з додаванням пряно-ароматичних трав»
405/14 0114U005410
найменування теми, № гос. реєстрації
виконаної ПУЕТ
найменування ВНЗ
вартість б/о тис. грн.
цифрами і прописом
виконуваної з 09.2009 по дійсний час
терміні виконання
упроваджені

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

- Вид упроваджених результатів технологія, експлуатація індивідуального типу
обладнання
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)
- Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одиничне, партії, масове, серійне
- Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод)
- Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва
соковмісних калинових напоїв з додаванням пряно ароматичних трав, продукт випускається
вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок
- Дослідно-промислова перевірка
- Упроваджені: - у промислове виробництво процес
вказати номер і дату актів
дільника, цех, процес
- у проєктні роботи вказати об'єкт, підприємство
- Річний економічний ефект
очікуваний _____ тис. грн.
фактичний _____ тис. грн.
у тому числі пайова участь _____ тис. грн.
%, цифрами і прописом
- Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн
- Обсяг упровадження _____ 10 л
що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку
гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис. грн), а
при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.
- Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації
компонентів напоїв

к.т.н. доц. Г.С. Дубова
Відповідальний за впровадження
О.І. Мельник

Від підприємства
О.С. Шмигунко
Головний технолог
О.І. Дубова

ЗАТВЕРДЖУЮ


 «05» _____ 12 _____ 2015 р.

АКТ

**дегустації нової продукції – соковмісних калинових напоїв з додаванням
пряно-ароматичних трав
розроблених на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи
Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Київ «05» _____ 12 _____ 2015 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії О.С. Утимиленко головний технолог підприємства С.А. Фуксова, к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, асистент О.І.Мельник.

На дегустацію представлена нова продукція:

Соковмісні калинові напої виготовлені з використанням пряно-ароматичних трав.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, О.І.Мельник

Представлені на дегустацію соковмісні калинові напої виготовлені з додаванням пряно-ароматичних трав, оброблених в мікрохвильовому полі. Учасники дегустації відмітили, що напої мають приємний аромат, високі смакові показники, надають лікувальні властивості отриманому продукту.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання калинового напою з додаванням пряно-ароматичних трав.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу в технологіях соковмісних напоїв.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії
головний технолог підприємства
к.т.н., доцент
асистент



О.С. Утимиленко
С.А. Фуксова
Г.Є. Дубова
О.І.Мельник



Проректор з наукової роботи
д.т.н., доцент ПУЕТ
Л.М. Савицька

2015 р.



Директор
О.С. Чумиленко
"05" "12" 2015 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник

concert hall "Vesel"

найменування організації

Чумиленко О.С.

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Отримання морсу калинового з додаванням листя груші-дички»

405/14 0114U005410

найменування теми, № гос. реєстрації

виконаної ПУЕТ

найменування ВНЗ

вартість б/о

тис.грн

цифрами і прописом

виконуваної з 09.2009 по дійсний час

терміни виконання

упроваджені

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів технологія, експлуатація індивідуального типу обладнання

експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії

унікальне, одиначне, партій, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск

Методика (метод)

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва соковмісних калинових напоїв з додаванням пряно ароматичних трав, продукт випускається вперше

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка

вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес

ділянка, цех, процес

- у проектні роботи

вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект

очікуваний _____ тис.грн.

фактичний _____ тис.грн.

у тому числі пайова участь _____ тис.грн.

%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження 10 л

що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу

розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації емульсійних продуктів

Від ВНЗ

к.т.н. доц. Г.С. Дубова

Відповідальний за впровадження

О.С. Чумиленко

Від підприємства

О.С. Чумиленко

Головний бухгалтер

О.С. Чумиленко



АКТ

дегустації нової продукції – калинових морсів з додаванням листя груші-дички

**розроблених на готельно-ресторанній та курортній справі
Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Полтава "05" 12 2015 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії О.С. Утчишченко головний технолог підприємства О.А. Жукова, к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, асистент О.І.Мельник.

На дегустацію представлена нова продукція:

Калинові морси виготовлені з додаванням листя груші-дички.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, О.І.Мельник

Представлені на дегустацію калинові морси виготовлені з додаванням листя груші-дички, оброблених в мікрохвильовому полі. Учасники дегустації відмітили, що морси мають приємний аромат, високі смакові показники, надають лікувальні властивості отриманому продукту.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання калинового морсу з додаванням листя груші-дички
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу в технологіях соковмісних напоїв.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії
головний технолог підприємства
к.т.н., доцент
асистент

О.С. Утчишченко
О.А. Жукова
Г.Є. Дубова
О.І.Мельник

ДОДАТОК Х

Акт впровадження їдальня Могилів-Подільського технолого-економічного коледжу, ПАТ «Харчування» у Вінницькій області



Ректор (проректор) вузу
к.е.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко

_____ 2013 р.

Директор
Могилів-Подільського
технолого-економічного коледжу
Вінницького НХУ
О.С. Кривокоць

_____ 2013р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник їдальня Могилів-Подільського технолого-економічного коледжу
найменування організації

Кривокоць Олександр Стіпанович

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи
«Удосконалення технології борошняних виробів, з використанням ліколінового
комплексу», №

найменування теми, № гос. реєстрації

виконаної ПУЕТ

найменування ВНЗ

вартість _____ б/о _____ тис. грн

виконуваної з 09 2012 шфрами і прогном

по дійсний час

терміни виконання

упроваджені _____

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології

експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії

унікальне, адничне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск

Методика (метод)

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва
борошняних виробів, ароматизованих начинок, продукт випускається вперше

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____

вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес

ділянка, цех, процес

- у проектні роботи _____

вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект

очікуваний _____ тис. грн.

фактичний _____ тис. грн.

у тому числі пайова участь _____ тис. грн.

%, шфрами і прогном

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження _____ 10 кг

що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис. грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації емульсійних продуктів

Від ВНЗ

к.т.н. доц.  Г.Є.Дубова

Відповідальний за впровадження

 С.О.Овчиннікова

 І.Чоботар

Від підприємства

Головний шеф-кухар

 В.Г.Назарова



АКТ

дегустації нової продукції – здобних випічок з використанням ароматизованих начинок, розроблених на кафедрі технології та організації ресторанного господарства Полтавського університету економіки та торгівлі

м. Н. Пожиска

“ 17 ” 01 2013 р.

Присутні: комісія з якості та безпеки харчування в їдальні коледжу, шеф-кухар В.Г. Назарова, к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, С.О. Овчіннікова, І.Ю. Чоботар

На дегустацію представлена нова продукція:

Борошняні вироби, здобна випічка виготовлені з використанням ароматизованих начинок.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, С.О. Овчіннікова, І.Ю. Чоботар.

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з використанням ароматизованих начинок. Учасники дегустації відмітили, що продукція з використанням ароматизованих начинок сприяє утворенню аромату, має високі смакові показники, надає лікувальні властивості виробам.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання ароматизованих начинок.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Комісія з якості та безпеки харчування
в їдальні коледжу:

заступник директора з виховної роботи
викладач дисципліни:

«Виробництво кулінарної продукції»

викладач I категорії з дисципліни:

«Торгово-технологічного обладнання»

методист, викладач вищої

категорії з дисципліни: «Стандартизації»

«Виробництво кулінарної продукції»

Л.М. Ліпінська

Г.М. Савицька

Л.В.Серженік

Л.В.Соляр

шеф кухар

к.т.н., доцент

інженер-технолог

магістр

В.Г. Назарова

Г.Є. Дубова

С.О.Овчиннікова

І.Ю. Чоботар



Ректор (проректор) вузу
к.е.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко

12 2012 р.



Директор

А.А. Богородський
12 2012 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник

ПАТ "Карпівський"
найменування організації

А.А. Богородський

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи
« Удосконалення технології борошняних виробів, з використанням лікопінового
комплексу», №
найменування теми, № гос. реєстрації
виконаної ПУЕТ

найменування ВНЗ

вартість _____ б/о _____ тис.грн

виконуваної з 09.2012 по дійсний час

терміни виконання

упроваджені

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одиничне, партій, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва
борошняних виробів, ароматизованих начинок, продукт випускається вперше
півперське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____

вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
ділянка, цех, процес

- у проектні роботи _____
вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект

очікуваний _____ тис.грн.

фактичний _____ тис.грн.

у тому числі пайова участь _____ тис.грн.

%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження _____ 10 кг

що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку
гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а
при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації
емulsionних продуктів

Від ВНЗ

Від підприємства

к.т.н. доц. Г.Є.Дубова

Головний технолог

Відповідальний за впровадження

С.О.Овчинникова

І.Чоботар

О.І.Вулицька



ЗАТВЕРДЖУЮ

2013р.

дегустації нової продукції – здобних випічок з використанням ароматизованих начинок, розроблених на кафедрі технології та організації ресторанного господарства Полтавського університету економіки та торгівлі

м. М. Поляк

" 3 " 01 2013 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії Гришак, головний технолог підприємства Гришак, к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, С.О. Овчиннікова, І.Ю. Чоботар

На дегустацію представлена нова продукція:

Борошняні вироби, здобна випічка виготовлені з використанням ароматизованих начинок.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, С.О. Овчиннікова, І.Ю. Чоботар.

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з використанням ароматизованих начинок. Учасники дегустації відмітили, що продукція з використанням ароматизованих начинок сприяє утворенню аромату, має високі смакові показники, надає лікувальні властивості виробам.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання ароматизованих начинок.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії
головний технолог підприємства
к.т.н., доцент
інженер-технолог
магістр

Гришак
Гришак
Дубова
Овчиннікова
Чоботар

Гришак
Гришак
Г.Є. Дубова
С.О. Овчиннікова
І.Ю. Чоботар

ДОДАТОК Ц

Акт впровадження німецько-українське ТОВ «Злаки»



Ректор (проректор) вузу
к.е.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко

Київ
Від грудня 2011 р.

Директор

ТОВ «ЗЛАКИ»

Головний технолог

11 грудня 2011 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
науково-дослідних, дослідно-конструкторських,
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник

ТОВ «ЗЛАКИ»

найменування організації

директор Котенко Анатолій Тодорович

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи

«Виробництво солодких напівфабрикатів з кавуновим наповнювачем»,

№0110u007145

найменування теми, № гос. реєстрації

виконаної ПУЕТ

найменування ВНЗ

вартість _____ б/о _____ тис. грн

цифрами і прописом

виконаної з 09.2011 по 11.2011

терміни виконання

упроваджені _____

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології

експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії

унікальне, одичичне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск

Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові технології виробництва

ароматизованих желе, сирних паст, кремів, наповнювачів, продукти випускаються

вперше

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____

вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес

ділянка, цех, процес

- у проектні роботи _____

вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект

очікуваний _____ тис. грн.

фактичний _____ тис. грн.

у тому числі пайова участь _____ тис. грн.

%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження 10 кг

що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку

гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис. грн), а

при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації продуктів

Від ВНЗ

Від підприємства

к.т.в. доц. Г.Є. Дубова

Головний технолог

Відповідальний за впровадження

С.Овчінникова



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських та
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник **ТОВ Спільне українсько-німецьке підприємство «Злаки»**

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Виробництво безглютенового хліба з використанням ароматизованої глазурі»

найменування теми виконаної в ПУЕТ в рамках наукової теми № 405/14 0114U005410 «Технологічні інновації як фактор розвитку нанотехнологій: практичні, економічні і маркетингові дослідження»

виконуваної з 05.2008 по дійсний час

пройшли ефективне впровадження в ТОВ «Спільне українсько-німецьке підприємство «Злаки»»

1. Вид упроваджених результатів ароматизація безглютенового хліба
2. Характеристика масштабу впровадження партія
3. Форма впровадження виробничий випуск
4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нова технологія ароматизації безглютенового хліба з використанням глазурі, продукт випускається вперше
5. Упроваджені у промислове виробництво - процес ароматизації
6. Обсяг упровадження - 50 кг.
7. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нового способу ароматизації безглютенового хліба

к.т.н. доц. Г.Є.Дубова
Відповідальний за впровадження
О.І.Мельник

Від підприємства
Котенко Н.Б.
Головний технолог
Василенко Н.В.



АКТ

дегустації нової продукції – безглютенового хліба з використанням ароматизованої глазури
розроблених на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи
Полтавського університету економіки та торгівлі

м. Полтава _____ " 5 " вересня _____ 2016 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії Котенко Н.Б., головний технолог підприємства Василенко Н.С., к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, асистент О.І.Мельник.

На дегустацію представлена нова продукція:

Хлібобулочні вироби виготовлені з використанням ароматизованої глазури.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, О.І.Мельник

Представлений на дегустацію безглютеновий хліб ароматизований глазуру. Ароматизація глазури здійснена подвійною обробкою пряноароматичної сировини: попередньою та в мікрохвильовому полі. Учасники дегустації відмітили, що даний хліб на відміну від контрольного зразка, має приємний аромат, високі смакові показники, що в цілому надають відмінні властивості отриманому продукту.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає виготовлення безглютенового хліба з використанням ароматизованої глазури.

2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях хлібобулочних виробів.

3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії
 головний технолог підприємства
 к.т.н., доцент
 асистент

Н.Б.Котенко
 Н.С.Василенко
 Г.Є.Дубова
 О.І.Мельник



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник **ТОВ Спільне українсько-німецьке підприємство «Злаки»**

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Виробництво хліба дієтичного призначення з використанням хлорофілвмісної сировини»

найменування теми виконаної в ПУЕТ в рамках наукової теми № 405/14 0114U005410 «Технологічні інновації як фактор розвитку нанотехнологій: практичні, економічні і маркетингові дослідження»

виконуваної з 05.2008 по дійсний час

пройшли ефективне впровадження в ТОВ «Спільне українсько-німецьке підприємство «Злаки»»

1. Вид упроваджених результатів ароматизація хлорофілвмісною сировиною хліба дієтичного призначення
2. Характеристика масштабу впровадження партія
3. Форма впровадження виробничий випуск
4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нова технологія дієтичного хліба з використанням хлорофілвмісної сировини, продукт випускається вперше
5. Упроваджені у промислове виробництво - процес ароматизації
6. Обсяг упровадження - 50 кг.
7. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нового способу ароматизації дієтичного хліба з використанням хлорофілвмісної сировини.

к.т.н. доц. Від ВНЗ
Відповідальний за впровадження
Г.Є.Дубова
О.І. Мельник

Від підприємства
Котенко Н.Б.
Головний технолог
Василенко Н.В.

ЗАТВЕРДЖУЮ

« 16 » 09 2016 р.

АКТ

дегустації нової продукції – хліба дієтичного призначення з використанням хлорофілвмісної сировини розроблених на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи Полтавського університету економіки та торгівлі

м. Полтава _____ « 16 » вересня 2016 р.

Присутні: начальник виробничої лабораторії Котенко Н.Б., головний технолог підприємства Василенко Н.С., к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, асистент О.І.Мельник.

На дегустацію представлена нова продукція:

Хлібобулочні вироби виготовлені з використанням хлорофілвмісної сировини

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, О.І.Мельник

Представлений на дегустацію дієтичний хліб ароматизований хлорофілвмісною сировиною. Рецептурні компоненти хліба (висівки житні, пшеничні, вівсяні) та пряноароматична сировина оброблені за ПІ 10.8-01597997-010:201. Учасники дегустації відмітили, що даний хліб на відміну від контрольного зразка, має приємний аромат, високі смакові показники, що в цілому надають відмінні властивості отриманому продукту.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання для ароматизації дієтичного хліба.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях хлібобулочних виробів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Начальник виробничої лабораторії
головний технолог підприємства
к.т.н., доцент
асистент

Н.Б.Котенко
Н.С.Василенко
Г.Є.Дубова
О.І.Мельник

ДОДАТОК Ш

Акт впровадження ресторан «Вулкан»

Ректор (проректор) вузу
 к.е.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко
 10 _____ 2013 р.

Директор

 21 січня 2013 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
 науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
 технологічних робіт у вищих навчальних закладах
Ресторан «Вулкан»
 найменування організації
Розробка С.О.

П.І.Б. керівника підприємства _____

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Розробка способів сорбції
 натуральних ароматичних компонентів для використання в харчовій промисловості»

найменування теми, № гос. реєстрації виконаної _____ ПУЕТ _____
 найменування ВНЗ _____
 вартість _____ б/о _____
 цифрами і прописом виконуваної _____ з 09.2009 по дійсний час _____
 терміни виконання _____
 упроваджені _____
 найменування підприємства, де здійснювалося впровадження _____

1. Вид упроваджених результатів _____ технології _____
 експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження _____ партії _____
 унікальне, одиничне, партій, масове, серійне

3. Форма впровадження _____ виробничий випуск _____
 Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт _____ якісно нова технологія виробництва
 ароматизованої солі, продукт випускається вперше _____

5. Дослідно-промислова перевірка _____
 піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

6. Упроваджені: - у промислове виробництво _____ процес _____
 ділянка, цех, процес
 - у проектні роботи _____
 вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект
 очікуваний _____ тис.грн.
 фактичний _____ тис.грн.
 у тому числі пайова участь _____ тис.грн.

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн
 %, цифрами і прописом

9. Обсяг упровадження _____ 2 кг _____
 що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку
 гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а
 при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект _____ у створенні якісно нових способів ароматизації харчових
 продуктів, маркованих як натуральні

Від ВНЗ
 к.т.н. доц. Г.С. Дубова
 Відповідальний за впровадження
О.І. Мельник, Кузнецов А.І.

Від підприємства
 Зав. виробництвом
Косенко С.О.



АКТ

**дегустації нової продукції – ароматизованої солі,
розробленої на кафедрі технологій та організації ресторанного
господарства
Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Полтава

« 10 » жовтня 2013 р.

Присутні: зав. виробництвом підприємства Львівська ОО,
доц. Дубова Г.Є., ас. О.І.Мельник, Кузнєцов А.І.

На дегустацію представлена нова продукція:

Сіль кухонна ароматизована ефірною олією базилику, кардамону, м'яти, солодкого перцю, моркви, буряку.


Розробники: к.т.н., доц. Дубова Г.Є., ас. Мельник О.І., Кузнєцов А.І.

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з використанням ароматизованої солі. Учасники дегустації відмітили, що продукція з використанням нового виду солі сприяє утворенню аромату, має високі смакові показники, надає лікувально-профілактичні властивості виробам.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання ароматичного комплексу.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Зав.виробництва підприємства
к.т.н., доцент
асистент





Г.Є. Дубова
О.І.Мельник
А.І.Кузнєцов

ДОДАТОК Ю

Акт впровадження кафе-бар «Ханума»



Ректор (проректор) вузу
к.е.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко

10 2013 р.



Саша
3 2013 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник кафе «Ханума»
найменування організації

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Розробка способів сорбції натуральних ароматичних компонентів для використання в харчовій промисловості»

найменування теми, № гос. реєстрації виконаної ПУЕТ

вартість б/в найменування ВНЗ

виконаної з 09.2009 по дієсний час цифрами і прописом

упроваджені кафе-бар «Ханума» терміно виконання

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії унікальне, одиничне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск Металіка (метод)

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нова технологія виробництва ароматизованої солі, продукт випускається вперше новаторське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес аліанса, цех, процес

- у проектні роботи - вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект очікуваний _____ тис.грн.

фактичний _____ тис.грн.

у тому числі пайова участь _____ тис.грн.

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження 3 кг % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн.)а

при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації харчових продуктів, маркованих як натуральні

к.т.н. доц. Г.С. Дубова Від ВНЗ

Відповідає за впровадження О.І. Мельник

О.С. Рузгва

Від підприємства

Зав. виробництвом

ЗАТВЕРДЖУЮ
Сейман А.К.
 « 3 » 10 2013 р.



АКТ

**дегустації нової продукції – ароматизованої солі,
 розробленої на кафедрі технології та організації ресторанного
 господарства
 Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Полтава

« 3 » *листопада* 2013 р.

Присутні: зав. виробництвом підприємства «Ханума» Халазій В.А., доц.
 Дубова Г.Є., ас. О.І.Мельник, О.С. Рузаєва

На дегустацію представлена нова продукція:

Сіль кухонна ароматизована ефірною олією базиліку, кардамону, м'яти,
 солодкого перцю, моркви, буряку.

Розробники: к.т.н., доц. Дубова Г.Є., ас. Мельник О.І.

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з використанням
 ароматизованої солі. Учасники дегустації відмітили, що продукція з
 використанням нового виду солі сприяє утворенню аромату, має високі
 смакові показники, надає лікувально-профілактичні властивості виробам.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання ароматичного комплексу.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Зав.виробництва підприємства
 к.т.н., доцент
 асистент

[Signature]

[Signature]

Халазій В.А.
 Г.Є. Дубова
 О.І.Мельник
 О.С. Рузаєва

ДОДАТОК Я

Акт впровадження їдальня Управління Справами Апарату Верховної Ради України



Ректор ПУЕТ
д.т.н. проф. О.О. Нестула
2010р.



Директор
2010р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник Україна УАВР Україна
найменування організації

Толічук Станіслав Степанович
П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи Технології отримання натуральних харчових компонентів із заданими властивостями та перспективи їх використання № 309/10, 0110100745

виконаної Полтавським Університетом Економіки і Торгівлі
найменування ВНЗ

вартість _____

виконуваної з 1.08.10 по 1.11.10
цифрами і прописком

упроваджені Україна УАВР Україна
територія виконання

1. Вид упроваджених результатів експлуатація технології
найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

2. Характеристика масштабу впровадження партиї, масово
цифрами і прописком

3. Форма впровадження практична
цифрами і прописком

Методика(метод) створення функціональних соусів

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нова технологія отримання ароматичних соусів функціонального призначення на основі гарбуза
цифрами і прописком

5. Дослідно-промислова перевірка № 44, 30.08.10
цифрами і прописком

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
цифрами і прописком

- у проєктні роботи Україна УАВР Україна
цифрами і прописком

7. Річний економічний ефект

очікуваний _____ тис.грн.

фактичний _____ тис.грн.

у тому числі пайова участь _____ тис.грн.

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн./грн.

9. Обсяг упровадження 10 кг

що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку

гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР, а при поетапному

впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект полягає у створенні якісно нових соусів функціонального призначення без використання консервантів і штучних поліпшувачів, зниження собівартості виробництва.

Від ВНЗ
к.т.н., доц. Г.С.Дубова
Відповідальний за впровадження
магістрант О.Ю.Єнько

Від підприємства
Головний технолог Г.С.Толічук

ДОДАТОК АА

«Наповнювачі ароматизовані» ТУ, ТІ 10.2-01597997-001:2013

ПОГОДЖЕНО
 Науково-виробниче
 підприємство «ПОЛ-ЕЙС»
 регіонального фонду «Мрія»
**Висновок медичної
 експертизи**
 від 25.01.2013
 за № 100/2013
 100/2013



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор ЗРП «Колосок»
 О.В. Бичкова
 25.01.2013 р.


Наповнювачі ароматизовані

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ТУ У 15.1-01597997-001:2013

(Уведено вперше)

Дата надання чинності «25» січня 2013 р.

Чинні до 25 січня 2014

РОЗРОБЛЕНОк. т. н., доцент Полтавського
 університету економіки і торгівлі Г.С. Дубова

25.01. 2013 р.

Інженер-технолог Полтавського
 університету економіки і торгівлі С.О. Овчіннікова

25.01. 2013 р.

ПОГОДЖЕНО
 Науково-виробниче
 підприємство «ПОЛ-ЕЙС»
 регіонального фонду «Мрія»
**Висновок медичної
 експертизи**



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор ЗРГ «Колосок»
 О.В. Бічкова
 25.08.2013 р.

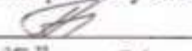


ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво наповнювачів ароматизованих
 до ТУ У 15.1-01597997-001:2013

РОЗРОБЛЕНО

к.т.н., доцент Полтавського
 університету економіки і торгівлі

 Г.С. Дубова
 "25" 01 2013 р.

інженер-технолог Полтавського
 університету економіки і торгівлі

 С.О. Овчиннікова
 "25" 01 2013 р.

ДОДАТОК АБ

Акт впровадження шинок «Диканька»



Ректор (проректор) вузу
к.е.н., проф. ПУЕТ
О.В. Карпенко

22 02 2014 р.

Директор



22 02 2014 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
науково-дослідних, дослідно-конструкторських
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник

ШИНОК «ДИКАНЬКА»

найменування організації

Кравченко Г.М.

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Розробка способів ароматизації натуральними компонентами харчових продуктів»

найменування теми, № гос. реєстрації

виконаної ПУЕТ

вартість б/о найменування ВНЗ

виконуваної з 09.2012 по дійсний час шифрами і прописом

упроваджені терміни виконання

найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одиничне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нова технологія виробництва ароматизованого желе, продукт випускається вперше

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
вказати номер і дату актів

ділянка, цех, процес

- у проектні роботи _____
вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект очікуваний _____ тис.грн.

фактичний _____ тис.грн.

у тому числі пайова участь _____ тис.грн.

%, шифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження 3 кг

що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації харчових продуктів, маркованих як натуральні

Від ВНЗ

к.т.н. доц. Г.С.Дубова

Відповідальний за впровадження

Т.О.Овчинникова,

Б.В.Суглобов

Від підприємства

Зав. виробництвом

Кравченко Г.М.



ЗАТВЕРДЖЕНО

« 28 » 05

2017 р.



АКТ

**дегустації нової продукції – ароматизованого желе,
розробленої на кафедрі технології та організації ресторанного
господарства
Полтавського університету економіки та торгівлі**

м. Полтава

« 28 » 05 2017 р.

Присутні: зав. виробництвом підприємства Кравченко А.А.,
доц. Дубова Г.Є., інженер-технолог Овчіннікова С.О., Б.В.Суглобов

На дегустацію представлена нова продукція:

Желе кавунове з вираженим натуральним ароматом.

Розробники: к.т.н., доц. Дубова Г.Є., Овчіннікова С.О., Б.В.Суглобов

Представлені на дегустацію вироби виготовлені з використанням концентрованого кавунового соку. Учасники дегустації відмітили, що продукція з використанням нового виду соку сприяє утворенню аромату, має високі смакові показники.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології, що передбачає використання ароматичного комплексу.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу ароматизації в технологіях харчових продуктів.
3. Відзначити, про ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

Зав.виробництва підприємства
к.т.н., доцент

Кравченко А.А.

Г.Є. Дубова
С.О. Овчіннікова
Б.В.Суглобов

ДОДАТОК АВ

«Желе з ароматичною композицією» ТУ, ТІ 10.2–01597997-002-2014



Желе з ароматичною композицією

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ТУ У 15. -01597997-002:2014

(Уведено вперше)

Дата надання чинності 27 січня 2014 р.Чинні до 27 січня 2015 р.

РОЗРОБЛЕНО

к. т. н., доцент Полтавського
університету економіки і торгівліГ.Є. Дубова27.01. 2014 р.

Інженер-технолог

Полтавського університету економіки і
торгівліС.О. Овчіннікова27 січня 2014 р.

магістрант

Б.В. Суглобов27 січня 2014 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор ЗРП „Диканька”
 Крайченко М.

2014 р.




ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво желе з ароматичною композицією


до ТУ У 15. -01597997-002:2014

РОЗРОБЛЕНО

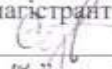
к.т.н., доцент Полтавського
 університету економіки і торгівлі

 Г.С. Дубова
 „27” 01 2014 р.

інженер-технолог Полтавського
 університету економіки і торгівлі

 С.О. Овчиннікова
 „27” 01 2014 р.

магістрант

 Б.В. Суглобов
 „24” 01 2014 р.

ДОДАТОК АГ

«Продукти функціональні харчові на основі рослинної та грибною сировини» ТУ
У 10.8-02070921-001:2023

ДКПП 10.89.19-40.90

УКНД 67.230

ПОГОДЖЕНО

Державна служба з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів
Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи
№ 16.2-18-д/11626
від «22» 08 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Віталій ПАСІЧНИК
2023 р.

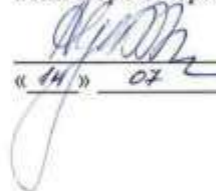
**ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ
ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕДИЧНИХ ЦІЛЕЙ
НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ ТА ГРИБНОЇ СИРОВИНИ**

ТУ У 10.8-02070921-001:2023
ТЕХНІЧНІ УМОВИ
(Уведено вперше)

Дата надання чинності: «01» 09 2023 р.
Без обмеження терміну дії

РОЗРОБЛЕНО

Декан факультету біомедичної інженерії
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»


Олександр ГАЛКІН
«14» 07 2023 р.

ДОДАТОК АД

Експертний висновок 2-2024 міжфакультетської комісії з біоетики

“Затверджую”
 Декан ФБТ
 КПІ ім. Ігоря Сікорського
 Тетяна ТОДОСІЙЧУК
 “20” лютого 2024 р.

“Затверджую”
 Декан ФБМІ
 КПІ ім. Ігоря Сікорського
 Олександр ГАЛКІН
 “20” лютого 2024 р.

ЕКСПЕРТНИЙ ВИСНОВОК 2-2024
 Міжфакультетської комісії з біоетики

Керуючись Положенням про міжфакультетську комісію з біоетики та нормативними актами України, міжнародними нормативними документами, рекомендаціями вітчизняних дорадчих органів та міжнародних організацій, щодо яких встановлено відповідність об'єкту експертизи Комісія розглянула матеріали дисертації доктора наук: докторант Дубова Галина Євгеніївна «Біотехнологічні основи регулювання дії попередників аромату харчової сировини», на засіданні 20 лютого 2024 р., протокол № 2.

Дисертація доктора наук виконана під науковим керівництвом:

доцента кафедри трансляційної медичної біоінженерії Поєдинок Н.Л.

Дисертація доктора наук виконана на кафедрі трансляційної медичної біоінженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського (НДР № держреєстрації 0122U200933) та на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи Полтавського університету економіки і торгівлі (НДР № держреєстрації 0114U005410).

Наукові дослідження виконувалися з залученням/використанням *(підкреслити необхідне)*:

- піддослідних тварин
- клітинних матеріалів людини
- біологічних матеріалів людського або тваринного походження
- пацієнтів та волонтерів,
- або без їх використання.

За наявності використання вказати *(поставити позначку)*:

яких тварин використовували в експерименті та коротко навести методичні процедури, які можуть бути для них травматичними;

які клітинні матеріали людини використовувалися і коротко викласти характер досліджень;

які біологічні матеріали людського або тваринного походження використовувалися і коротко викласти характер використання *(для яких задач використовувалися, у яких установах (в окремому Додатку 1 на 3 ст.))*;

які дослідження за участю пацієнтів та волонтерів виконувалися у роботі.

На основі усіх розглянутих матеріалів Комісія підтверджує, що дана робота/дослідження проведене з дотриманням принципів біоетики та може бути рекомендовано до подання до захисту з метою одержання наукового ступеня.

Голова комісії _____ Ігор ХУДЕЦЬКИЙ

Секретар комісії _____ Наталія БЕРТОШ

ДОДАТОК АЕ

Акт виготовлення продукції в їдальні «Золота нива»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій ПДАУ

Ніна БУДНИК

" 5 " вересня 2023 р.

АКТ ВИГОТОВЛЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник Їдальня «Золота нива»
найменування організації
Вацька А.О.
П.І.Б. керівника ділянки/цеху

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Виготовлення желе та паштетів з цибулі» у рамках держзамовлення на науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію в 2022–2023 рр. (№ ДР 0122U200933) «Розроблення методів підвищення біологічної активності харчових продуктів для спеціальних медичних цілей»
найменування теми, № гос. реєстрації
виконаної в Полтавському державному аграрному університеті
найменування ВНЗ

вартість _____ тис. грн
цифрама і прописом
виконаної з 09.2022 по теперішній час
терміни виконання

упроваджені Цех виготовлення холодних страв
найменування підприємства, де здійснювалось виготовлення

1. Вид упроваджених результатів технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)
2. Характеристика масштабу виготовлення партія
унікальне, одичне, партії, масове, серійне
3. Форма виготовлення виробничий випуск
Методика (метод) _____
4. Новизна результатів науково-дослідних робіт нова технологія виробництва желе та паштету з цибулі, продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок
5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів
6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
ділянка, цех, процес
- у проєктні роботи _____
7. Обсяг виготовлення 5.0 кг (1.0 кг желе з соку цибулі, 2 кг желе з пюре цибулі, 2 кг паштет з цибулі)
вказати об'єкт, підприємство
8. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації продуктів для лікувально-дієтичного харчування

Відповідальний за впровадження
к.т.н. доц. Г.Є.Дубова

Від підприємства
Технолог/майстер цеху А.О. Вацька

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
харчових технологій ПДАУ
Ніна БУДНИК
" 6 " вересня 2023 р.

АКТ ВИГОТОВЛЕННЯ

науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник _____ кафедра харчових технологій ПДАУ _____
найменування організації
Будник Н.В.

П.І.Б. керівника дільниці/цеху

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Виготовлення напоїв на основі картопляного соку» у рамках держзамовлення на науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію в 2022–2023 рр. (№ ДР 0122U200933) «Розроблення методів підвищення біологічної активності харчових продуктів для спеціальних медичних цілей»

виконаної _____ найменування теми, № гос. реєстрації
в Полтавському державному аграрному університеті
найменування ВНЗ
вартість _____ тис.грн

виконуваної _____ цифрами і прописом
з 09.2022 по теперішній час

виготовдені _____ терміни виконання
кафедра харчових технологій ПДАУ
найменування підприємства, де здійснювалося виготовлення

1. Вид упроваджених результатів _____ технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)
2. Характеристика масштабу виготовлення _____ партія
унікальне, одиничне, партій, масове, серійне
3. Форма виготовлення _____ виробничий випуск
Методика (метод) _____
4. Новизна результатів науково-дослідних робіт нова технологія виробництва ферментованих та неферментованих напоїв на основі картопляного соку, продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок
5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів
6. Рекомендовані: - у промислове виробництво _____ процес
ділянка, цех, процес
- у проектні роботи _____
7. Обсяг виготовлення _____ вказати об'єкт, підприємство
5,0 л (2,0 л неферментовані напої, 3 л ферментовані).
8. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації продуктів для лікувально-дієтичного харчування

Відповідальний за впровадження
к.т.н. доц. _____ Г.С.Дубова

Від підприємства
Лаборант кафедри _____ Н.І. Адаменко

ДОДАТОК АЖ

Акт впровадження кафе «Зелена дубрава», проект ТУ

Проректор з наукової роботи ВНЗ
Укоопспілки ПУЕТ д.т.н.,
2015 р.

Директор Додаток АВ
СА САРИБЕКЯН
07 2015 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах

Замовник «Зелена Дубрава»
найменування організації
Сарібекян С.А.
П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати роботи «Фруктові холодні супи з відновленням ароматом»
«Технологічні інновації як фактор розвитку нанотехнологій: практичні, економічні і маркетингові дослідження» №0114U005410
найменування теми, № гос. реєстрації
виконаної ВНЗ Укоопспілки ПУЕТ
найменування ВНЗ

вартість _____ тис.грн
б/о

виконуваної _____
з 09.2011 по дійсний час
цифрами і прописом
терміни виконання

упроваджені НВК ПУЕТ
найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид упроваджених результатів технології
експлуатація виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження партії
унікальне, одичичне, партії, масове, серійне

3. Форма впровадження виробничий випуск
Методика (метод)

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт нові технології виробництва фруктових холодних супів з відновленням ароматом, продукт випускається вперше
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модифікації старих розробок

5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів

6. Упроваджені: - у промислове виробництво процес
ділянка, цех, процес
- у проєктні роботи _____
вказати об'єкт, підприємство

7. Річний економічний ефект
очікуваний _____ тис.грн.
фактичний _____ тис.грн.
%, цифрами і прописом

8. Питома економічна ефективність упроваджених результатів _____ грн/грн

9. Обсяг упровадження 10 л
що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченні НДР (Е гар. = тис.грн), а при поетапному впровадженні Е гар. при укладанні договору.

10. Соціально-економічний ефект у створенні якісно нових способів ароматизації продуктів для дитячого харчування

Відповідальний за впровадження
к.т.н. доц. Г.Є.Дубова
Науковий співавтор
магістр, асистент Рибаківа С.С.

Від підприємства
Головний технолог О.М.Мауно



АКТ

дегустації продукції – фруктові холодні супи з відновленим ароматом розроблених на кафедрі готельно-ресторанної та курортної справи ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки та торгівлі»

м. Полтава

“ 29 ” 07 2015 р.

На дегустацію представлена нова продукція:

Фруктовий холодний суп «Тропічна лагуна» з відновленим ароматом дині, «Райська насолода» з відновленим ароматом кавуна.

Розробники: к.т.н., доц. Г.Є. Дубова, магістр, асистент С.С.Рибакова

Представлені на дегустацію фруктові холодні супи виготовлені з бобовими компонентами рецептури (квасоля, нут), які відновлюють аромат баштанних культур за рахунок поновлення амінокислотного складу продукту. Учасники дегустації відмітили, що супи мають високу харчову цінність, споживчі характеристики, приємний аромат та органолептичні показники.

За результатами дегустаційна комісія постановила:

1. Відзначити високу практичну цінність представленої технології для розширення асортименту страв з використанням бобових культур для холодних супів з кавунів та динь.
2. Відмітити перспективність подальших досліджень з використанням запропонованого способу відновлення аромату.
3. Відзначити ефективність промислового виробництва нового продукту на даному виробництві.

к.т.н., доцент
магістр, асистент

Г.Є. Дубова
С.С.Рибакова

ДКП

ПОГОДЖЕНО

С.А. САРИБЕСКИ

"10" *липень* 2015 р.

Група

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з наукової роботи ВНЗ
Укоопспілки «Полтавський
університет економіки і торгівлі,
д.т.н. *С.В. Гаркуша*



"10" *липень* 2015 р.

Фруктові холодні супи з відновленням аромату
ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ТУ (проект)

/Вводяться вперше/

Fruit cold soups with flavor recovery

TECHNICAL TERMS

TT (draft)

/ Enter first/

Дата введення "10" *липень* 2015р.
Без обмеження терміна дії

РОЗРОБЛЕНО:

**Полтавський університет
економіки і торгівлі**

к.т.н., доцент кафедри ГРКС
Г.С. Дубова

"10" *липень* 2015р.

магістр, асистент кафедри ГРКС
С.С. Рибак

"10" *липень* 2015р.

м. Полтава

ДОДАТОК АИ

Висновок науково-виробничого підприємства «Пол-ЕЙС» Полтавського регіонального фонду «Мрія»

ЗАТВЕРДЖЕНО



ВИСНОВОК

Науково-виробничого підприємства «Пол-ЕЙС» Полтавського
регіонального фонду «Мрія», який здійснює роботи медичного профілю

від 12.08 2014 р.

№.12.08-14/_____

Прекурсор ароматизатора, продукт, не обов'язково володіє властивостями ароматизатора, навмисно додається до харчового продукту з єдиною метою отримання смаку і аромату шляхом деструкції або реакції з іншими компонентами в процесі приготування їжі, може бути отриманий як з харчового, так і не харчового продукту

(назва об'єкта експертизи)

1. Харчова промисловість

(сфера застосування та реалізації об'єкта експертизи)

2. код ДКПП: 15.33.13.906

(код за ДКПП, код за УКТЗЕД, артикул)

3. Україна

(країна походження об'єкта експертизи)

4. Полтавський університет економіки і торгівлі 36014, м. Полтава, вул. Коваля, 3 ЄДРПОУ 01597997 (0532) 50-91-70, факс (05322) 7-91-60

(найменування та реквізити виробника: місце знаходження: країна, індекс, місто, вулиця, будинок; код за ЄДРПОУ або національний реєстраційний номер; телефон, факс E-mail)

5.

(дані про контраст на поставочний об'єкт експертизи в Україні)

6. Полтавським університетом економіки і торгівлі 36014, м. Полтава, вул. Коваля, 3 ЄДРПОУ 01597997(0532) 50-91-70, факс(05322) 7-91-60

(найменування та реквізити виробника: місце знаходження: країна, індекс, місто, вулиця, будинок; код за ЄДРПОУ або національний реєстраційний номер; телефон, факс E-mail)

7.

(у разі необхідності найменування та реквізити посередника, поставальника: місце знаходження: країна, індекс, місто, вулиця, будинок; код за ЄДРПОУ або національний реєстраційний номер; телефон, факс E-mail)

8. За результатами експертизи науково-виробничого підприємства «Пол-ЕЙС» використання харчового інгредієнту з властивостями прекурсорів аромату може бути погоджений (затверджений).

Відповідальність за дотримання вимог цього висновку несе заявник.

Оригінал висновку не підлягає передачі третім особам.

Термін дії висновку до 30.06.2017

Харчовий інгредієнт з властивостями ароматизатора типу «прекурсор» повинен відповідати наступним вимогам щодо безпеки для здоров'я людини:

Згідно з міжнародною класифікацією натуральні джерела ароматизаторів класифіковані по 4 категоріям (N1-N4). Харчовий інгредієнт з властивостями ароматизатора типу «прекурсор» відноситься до категорії N 3: «Рослини та їх частини, що мають тривалу практику застосування без видимих небажаних ефектів. Тимчасово допускається їх використання за традиційним призначенням у деяких напоях і харчових продуктах». Використання деяких ароматизаторів цієї категорії може бути обмежена граничною кількістю "активного елемента".

(критерій безпеки для здоров'я людини показники гранично допустимого рівня тощо)

не більше 3 діб за температури 0-4 °С.

(особливості умов використання (застосування, зберігання, виробництва, транспортування, утилізації, інформація для споживача тощо)

(необхідність СЕ контролю)

повинна бути етикетка

(повинна (не повинна) бути надана етикетка)

Науково-виробниче підприємство

«Пол-ЕЙС»

Протокол експертизи

Голова експертної комісії

36014, м. Полтава, вул. Коваля, 5

№ 3/12 від 12 серпня 2014 р.

Іванюк І.В.

ЗАТВЕРДЖЕНО
 Директор Полтавського
 благодійного фонду «Марія»
 Науково-виробничого
 підприємства «Пол-ЕЙС»
 Гниденко С.С.



ВИСНОВОК

науково-виробничого підприємства «Пол-ЕЙС» Полтавського
 регіонального фонду «Марія», який здійснює роботи медичного профілю

від 12.07 2013 р.

№.12.07-13/_____

про результати експертизи харчового інгредієнту з властивостями ароматизатора (Food ingredient with flavouring properties) типу FTNF Citrullus vulgaris, який відрізняється від ароматизатора і може додаватися в харчові продукти з метою утворення та/або модифікації ароматів і згідно з «Регламентом європейських парламенту та ради по ароматизаторам» не підлягає токсикологічній оцінці для використання в харчовій промисловості Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Regulation (EC) No 1601/91 of the Council, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC, що реалізований в начинках, ароматичних композиціях, напоях, желе та іншій харчовій продукції (ТУ У 10.2-01597997-001:2014 «Начинки ароматизовані» ТУ У 10.2-01597997-002:2014 «Желе з ароматичною композицією»)

(назва об'єкта експертизи)

1. Харчова промисловість

(сфера застосування та реалізації об'єкта експертизи)

2. код ДКПН:15.33.13.906

(код за ДКПН, код за УКТЗЕД, артикула)

3. Україна

(країна походження об'єкта експертизи)

4. Полтавський університет економіки і торгівлі 36014, м. Полтава, вул. Ковалюк, 3 СДРПОУ 01597997 (0532)50-91-70, факс(05322)7-91-60

(найменування та реєстрні виробника: місце знаходження: країна, індекс, місто, вулиця, будинок; код за СДРПОУ або національний реєстраційний номер; телефон, факс, E-mail)

5.

(дані підприємства реалізації продукції в Україні)

6. Полтавським університетом економіки і торгівлі 36014, м. Полтава, вул. Ковалів, 3 СДРПОУ 01597997(0532) 50-91-70, факс(05322) 7-91-60

(назви вулиці та реквізити виробника; місце знаходження: країна, індекс, місто, вулиця, будинок.; код за СДРПОУ або національний реєстраційний номер; телефон, факс E-mail)

7.

(у разі необхідності назви вулиці та реквізити посередника, постачальника; місце знаходження: країна, індекс, місто, вулиця, будинок.; код за СДРПОУ або національний реєстраційний номер; телефон, факс E-mail)

8. Констатує: харчовий інгредієнт з властивостями ароматизатора типу FTNF Citrullus vulgaris, містить 25-45 мг/100г лікопіну, основні компоненти ароматів 2-гідрокси-5-пентилфуран, (Z, Z) – 3,6-нонадієнол, 4-оксононаналь, 2-метил-2-гептен-6-он, фарнезіл-ацетон, гераніл-ацетон, гераніаль, нераль, епоксигераніаль, що змінюються та розкриваються в продукті під час технологічної обробки та приготування; контроль за безпекою здійснюється тільки в готових харчових продуктах, до яких вноситься харчовий інгредієнт, за відповідною документацією (ТУ У 10.2-01597997-001:2014 «Начинки ароматизовані» ТУ У 10.2-01597997-002:2014 «Желе з ароматичною композицією»).

9. Харчовий FTNF Citrullus vulgaris відноситься до категорії N 3 (Natural sources flavourings). Citrullus vulgaris (кавун) - рослина та її частини, має тривалу практику застосування без видимих небажаних ефектів; допускається її використання за традиційним призначенням у деяких напоях і харчових продуктах, не наведені достатні дослідження хронічної токсичності. Використання ароматизаторів цієї категорії може бути обмеженим граничною кількістю "активного елемента" - лікопіну.

Висновок: використання харчового інгредієнту з властивостями ароматизатора типу FTNF Citrullus vulgaris, відповідає вимогам щодо безпечності для здоров'я людини і може вноситься в харчові продукти з основною* метою утворення та/або модифікації аромату, погоджений (затверджений).

Відповідальність за дотримання вимог цього висновку несе заявник.

Оригінал висновку не підлягає передачі третім особам.

Термін дії висновку до 30.06.2017

(критерій безпеки для здоров'я людини показники гранично допустимого рівня тощо)

не більше 3 діб за температури 0-4 °С.

(особливості умов використання (застосування, зберігання, виробництва, транспортування, утилізації, інформація для споживача тощо)

(необхідність СЕ контролю)

(повинна (не повинна) бути надана етикетка)

Науково-виробниче підприємство

«Полтавський»

36014, м. Полтава, вул. Ковалів, 5

Протокол експертизи

№ 3/12 від 12 липня 2013 р.

Голова експертної комісії

Іванюк А.В.



ДОДАТОК АК
Відгук наукової лабораторії «Heals Sciences and Psychology» Єльського
університет

The John B. Pierce Laboratory

Affiliated with Yale University

24 July 2014

To Whom It May Concern:



Center for Research in
Health and the Environment

Established in 1933

203.562.9901
203.624.4950 fax

As a researcher on sensory and perceptual processes for half a century, I have observed the development of several sub-disciplines, over the years including increasing research recently on the chemical senses: olfaction, taste, and flavor. In the U.S., federal agencies have seen the wisdom of increasing support to research on the chemical senses, with the ensuing benefits to biomedicine and to economic development. It has come to my attention that little if any research along those lines conducted in some nations, such as Ukraine. This is, in my view, an unfortunate state of affairs: Taste and flavor perception are central, for example, to food behaviors, including food selection and food intake, with consequences for both health and economies. In this regard, I have also recently become acquainted with the most interesting work of Galyna Dubova, whose research for example on food volatiles, involving enzymatic flavor recovery, has considerable potential practical application – for instance, for the food industry. In my view, research along these lines should be encouraged and supported.

Sincerely,

Lawrence E. Marks
Fellow and Emeritus Director, John B. Pierce Laboratory
Professor of Environmental Health Sciences and Psychology, Yale University

ДОДАТОК АЛ
 Стажування в лікарні Флориди (США) Health Celebration



This is to certify that Dr. Halyna Dubova has completed a clinical nutrition internship with Florida Hospital Celebration Health. The goal of this internship was to provide Dr. Dubova with the opportunity to observe and gain information from a variety of diverse nutrition programs currently offered at Celebration Health Hospital. She had the opportunity to participate in the development and implementation of nutrition programming. She was able to learn and acquire skills in the following areas:

- Production (accessing inventory, ordering, deliveries/receiving, storage, production sheets, food production, entrée preparation with patient survey).
- Tray line supervision for breakfast and dinner shifts (introduction, times, temperatures, scheduling, and presentation)
- Cafeteria, physician's lounge, and catering (operations, scheduling, presentation, cashier duties, food safety, cleanliness).
- Diet Office/Diet Technician duties/supervision.

Furthermore, during her time at Celebration Health Dr. Dubova was able to receive introduction to the following topics:

- Orientation to facility, diet office, and modified menu planning
- Nutritional Screening and Assessment
- The Nutrition Care Process and Medical Nutrition Therapy for various disease states (i.e. Outpatient Care, Weight Management, Diabetes Mellitus, Cardiopulmonary Diseases, Gastrointestinal Diseases, Oncology, Orthopedics and Surgery, Intensive Care and nutrition support).

Please feel free to contact me with further questions.

Uriel Ramirez-Cruz
 Director, Nutritional Services

FLORIDA HOSPITAL
 CELEBRATION HEALTH
 400 Celebration Place
 CELEBRATION, FL 34747

ДОДАТОК АМ
Відгук з мережі «Diamond resorts international»

Dear Dr. Dubova,

There is a growing trend in the US hospitality industry of finding ways to relate aromas to the feeling of being home as well as safety, presence of loved ones, and holidays. The idea is to utilize these aromas when guests are staying on our properties not only to enhance their stay, but also to increase their return potential to our properties. We all know that certain fragrances remind us of family, friends and good times. By incorporating this in our business, we feel that we can increase our profitability and have more satisfied guests. Therefore, my colleagues and I have found your work "Prospective in developing aroma concentrates" and experimental samples very useful and interesting.

I am surprised to learn that aromas are currently underutilized in the Ukrainian hospitality industry. Our properties use fragrances similar to the ones you sent us (fresh baked cookies, pumpkin, apple pie, fresh breads, cinnamon). However, I believe that your idea of country garden is innovative and promising. The scents of fresh herbs, freshly cut grass, blossoms and wood will certainly put our guests in a spring-like positive mood. We are interested to support your idea of making our guests feel as if they just walked in to a cozy country home.

I always remind our employees that we are welcoming our guests home and the first scents that hit them should remind them of such (fresh baked goodies, pumpkin, melon or watermelon, fresh vegetables/garden smell) just to name a few. I would be very interested in utilizing the different types of aroma samples you are developing and the different combinations to learn their positive effect on our guests. I believe this will improve the way we look at aromas and the application of them for hospitality industry.

James Szabo
revenues reboot CEO

12-6-14



 Stay Vacationed. <small>DiamondResorts.com</small>	<p>DIAMOND RESORTS INTERNATIONAL</p> <p>James Szabo General Manager</p> <p>James.Szabo@diamondresorts.com 407.396.1300 tel • 2433 ext 786.201.1138 cell • 407.396.0814 fax Orbit One Vacation Villas 2950 Entry Point Road Kissimmee, Florida 34747</p>
---	--