

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Дубової Галини Євгеніївни** «Біотехнологічні основи регулювання дії попередників аромату харчової сировини», представлену до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора технічних наук** за спеціальністю

03.00.20 – біотехнологія

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними і галузевими програмами

При розробці інноваційних харчових біотехнологій важливе місце належить технологіям формування природних ароматів харчової сировини. Нові перспективи відкриває використання рослинних ферментів, що відіграють ключову роль у біотехнологічних, харчових, фармацевтичних процесах, отже, їх дослідження є актуальним напрямком. За умов переходу до екологічних харчових технологій такі ферменти є сучасною альтернативою хімічним катализаторам. На відміну від ферментів мікробного походження, рослинні вважаються менш алергенними та економічно вигіднішими. Вони широко використовуються у харчовій промисловості для покращення структури, збереження якості продуктів та подовження терміну придатності. У медицині рослинні ферменти використовуються для створення лікарських препаратів із протизапальними, травними та імуномодельючими властивостями. Окрім того, рослинні ферменти активно використовуються в органічному сільському господарстві, що допомагає зменшити забруднення довкілля. Завдяки стрімкому розвитку молекулярної біології та генетики з'являються нові можливості для модифікації ферментів задля підвищення ефективності.

Оскільки натепер способи отримання та виробництво рослинних ферментів обмежено складним процесом їх виділення із сировини й подальшим очищенням, тому пошук технологій ефективного ферментолізу за їх участю, зокрема й неочищених, є актуальним завданням. Рослинні ферменти, можуть бути додатком до протеази, ліпази, амілази, які натепер призначають хворим, а так є добрим варіантом для харчування у піст та для дієтичного меню як альтернатива тваринним ферментам.

Отже, підсумовуючи вищезазначене, вважаю, що тема представленої дисертації, безперечно, є актуальною, оскільки спрямована на створення альтернативних технологій ароматизації з високим практичним потенціалом для сучасної харчової промисловості.

Дисертаційна робота Дубової Г.Є. відповідає сучасним напрямкам розвитку науки і технологій та пов'язана з важливими науково-дослідними роботами кафедри трансляційної медичної біоінженерії 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.), які визначали розвиток біотехнологічних основ регулювання дії попередників аромату харчової сировини.

Наукова новизна результатів дослідження. Варто наголосити, що у роботі вперше доведено доцільність використання рослинних ферментів з різноманітної природної сировини. Доведено, що ароматизація харчової сировини може здійснюватись за допомогою регульованих біотехнологічних процесів між попередниками аромату та рослинних ферментів. Також встановлено, що опромінення LED в умовах чистих культур є ініціатором реакцій ароматоутворення макроміцетів *P. ostreatus*, *I. obliquus*, *H. erinaceus*, *L. edodes*, *G. lucidum*. Визначено раціональні умови для реакцій між попередниками аромату та рослинними ферментами (наприклад, вакуумне нагрівання) для утворення ароматичних речовин, відновлення ароматів. Також ферментативне формування аромату *in vitro* з попередників ліпідної природи (ліпоксигеназний шлях) можливе без попереднього очищення ферментів.

Визначено механізми .

Практичне значення представленої роботи. Практичне значення дисертації Галини Дубової підтверджується низкою результатів: запропоновано практичні рекомендації виготовлення різних цікавих форм ароматизованих харчових продуктів (желе, піни, соуси, наповнювачі, емульсії, ароматизовані олії тощо). Також важливим є доведена доцільність використання попередників аромату для нівелювання сенсорного дефіциту через зменшення вмісту солі, цукру, жиру в харчових продуктах. Розроблено нові технологічні підходи до збільшення ароматичних речовин:

Важливо, що результати схвалені при стажуванні з клінічного харчування в лікарні Health Celebration, науковій лабораторії «Health Sciences and Psychology» Єльського університету й мережі «Diamond resorts international», USA. Результати роботи створюють перспективу біотехнологічного виробництва рідких ароматизаторів в Україні.

Ступень обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність наукових положень та висновків, викладених у дисертації підтверджуються застосуванням широкого спектру сучасних фізико-хімічних методів досліджень (аналізатор «електронний ніс», газовий хроматограф «Цвет-100», Agilent Technologies 7890 A та HP 6890, спектрофотометр UV1280 Shimadzu, аналізатор Malvern Zetasizer Nano ZS),

методів органолептичного аналізу, а також результатами пілотних випробувань.

Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи в наукових фахових виданнях. Практично всі матеріали дисертації опубліковані в 76 наукових працях: 1 монографія «Advances in Research on Food Aroma Recovery», 27 наукових статей у фахових журналах, з яких 10 у виданнях, включених до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 10 патентів, один з яких патент на винахід. Результати досліджень доповідалися і обговорювалися на 25 наукових вітчизняних і міжнародних конференціях.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності. Дисертація Галини Дубовою є змістовною науковою працею, в якій структуровані всі необхідні складові частини, що свідчить про логічність і завершеність. Автором використано низку різних методів досліджень, завдяки яким розроблено наукові основи біотехнологічного регулювання дії попередників аромату, визначено перспективи їх застосування у сучасних харчових технологіях. Дисертацію викладено на 485 сторінках, вона складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів й методів досліджень, 3 розділів результатів, висновків, списку використаних джерел (548 посилань) та 34 додатків (результати пілотних випробувань технологій), у роботі 86 таблиць, 120 рисунків.

В огляді літератури (**Розділ 1**) проаналізовано сучасні наукові джерела, дотичні тематики роботи та обґрунтувань обрано біотехнологічні підходи до отримання ароматизованих продуктів. Процеси ароматизації харчових продуктів розглянуті з точки зору ферментативних реакцій, показано сучасні перспективи щодо ароматизації харчових продуктів. На основі узагальнення літературних даних сформульовано завдання, спрямовані на досягнення мети роботи.

У **Розділі 2** представлено матеріали та методи досліджень, які логічно розділено на такі блоки: методи визначення ароматичних компонентів, карбонільних сполук, опис установок для вилучення ароматичних компонентів та впливу на попередники, хімічні й біохімічні методи аналізу, фізичні методи дослідження, мікроскопія зразків, статистичний аналіз та математичне моделювання. Отже, комплексне використання низки різнопланових сучасних мікробіологічних, фізико-хімічних, біохімічних, мікроскопічних й інженерних методів досліджень дало змогу дисертанту отримати достовірні, вагомі науково-технологічні результати, обґрунтування і висновки.

Від **Розділу 3** подано результати проведених експериментальних і теоретичних досліджень. Здійснено порівняння впливу технологічного оброблення рослинної сировини на аромат харчової продукції, що складаються з процесів зневоднення рослинної сировини та грибів гливи, перетвореннях в процесах десатурації, мікрохвильового нагрівання. Також порівняно характеристику рідких промислових та лабораторних ароматизаторів за результатами сіалометрії. Охарактеризовано механізм процесів руйнування

аромату рослинної сировини в баштанних плодах через втрату чи зв'язування ароматичних речовин з харчовою матрицею. Обґрунтовано взаємодію попередників аромату з екстрагованими з рослинної сировини ферментами в *in vitro*, що зобумовлено активністю комплексу ферментів. Вивчено стадії ароматоутворення: зниження початкового рівня легколетких компонентів в системі, зменшення гідратного прошарку між ферментами та ліпідами і в результаті – додаткове утворення ароматів рослинної сировини.

У **Розділі 4** було показано, що вплив процесів деструкції ліпідів цитоплазматичної мембрани клітин як функції зміни площі їх поверхні на відновлення аромату в готовому продукті. Складено модель оптимального перебігу реакцій у системі з попередниками, їх здатності до реакцій утворення ароматичних речовин. Визначено здатність ферментів, що виділені осадженням у центрифугування зі спиртових розчинів, відновлювати аромат у деароматизованому плодovому пюре. Встановлено, що усі зміни вмісту жирних кислот є результатом ферментативних індукованих реакцій – синтезу у відповідь на вплив середовища. При дослідженні реакцій між попередниками аромату та ферментами в умовах чистих культур грибів *H. erinaceus*, *I. obliquus*, *L. edodes*, *G. lucidum* встановлено, що опромінення LED має вплив на ароматотвірні реакції зі збільшенням ароматичних компонентів у 25 разів у біомасі та у 28,5 разів у культуральній рідині для *L. edodes*, в 1,4 рази – для *G. lucidum*, в 2,5 рази – для *H. erinaceus*. Екстракт пшеничних висівок в поживному середовищі. *P. ostreatus* також ініціював збільшення ароматичних речовин в 1,7 рази. Показано, що спосіб уведення екстракту ферментів у розчин желатину та плодovу м'якоть суттєво впливає на швидкість і глибину перебігу реакції утворення аромату (екстракт ферментів вносять у желатиновий розчин температурою $40\pm 2^\circ\text{C}$). Представлено чинники впливу попередників аромату у процесах ферментативної модифікації аромату і у вигляді схеми, що складається з 15 чинників.

Розділ 5 присвячено перспективам і шляхам застосування розроблених технологій ароматизації у сучасних харчових технологіях. Дисертанткою визначено можливі групи продуктів, в яких ферментативна ароматизація є успішною, зокрема у рідких дистилятах після вакуумного висушування сировини, в емульсіях та желатинових продуктах, фруктових холодних супах, у продуктах з сирі цибулі та ферментованих листях. Також узагальнено напрями ароматизації за групами і способами. Заслуговує на увагу дослідження щодо антисептичних властивостей дистилятів з підвищеним вмістом карбонільних сполук. Отримано позитивні результати пілотних випробувань технології ароматизації в закладах харчування, виробничих підприємствах.

У роботі доведено економічну доцільність виготовлення розроблених рідких ароматизаторів і продуктів. Прибуток від реалізації ароматизованого пюре становить 538 тис. грн через 9 місяців, індекс прибутковості 12,16 при нульовій ставці дисконтування.

Загальні висновки дисертації відповідають її змісту, підсумовують основні наукові результати проведених досліджень.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації і достатньо повно висвітлює основні положення дослідження.

Зауваження, питання, рекомендації. Загальна оцінка представленої роботи є цілком позитивною. Проте необхідно відзначити низку питань, зауважень та рекомендацій щодо дисертації та автореферату:

- **Мету роботи** варто було сформулювати більш чітко, підкресливши пріоритети досліджень.
- Незрозуміло, **за яким принципом обрано рослинні об'єкти** і джерела ферментів для досліджень.
- **Ключові слова** варто було підбирати так, щоб відображали зміст всієї роботи, більш загально.
- Бажано було наголосити на перевагах **обраних способів концентрування ферментів**, наприклад, їх переваги перед традиційним осаджувачем ферментів амоній сульфатом.
- **Із тексту дисертації й автореферату** не зовсім зрозуміло методичку оцінювання смакових якостей ароматів із залученням волонтерів. Яка статистика дослідження?
- Текст дисертації і автореферату місцями **перенасичений аббревіатурами** (наприклад, стор. 212-214, 227-231 тощо).
- Так, **при розробці проекту ТУ** дисертанткою подано назву "Ароматизатори FTNF, WONF", ці аббревіатури не є інформативними, окрім того варто було використовувати назви українською мовою.
- **В тексті дисертації** згадується використання калини для ароматизації (с.413), але відсутні пояснення щодо вибору цієї рослини в якості об'єкту ароматизації.
- Не зовсім зрозумілі **дані табл. 3.13, 3.14 (стор. 213)** – як оцінювали аромати, відтінки ароматів?
- **Висновки** дещо перевантажені, відтак, важко сприймаються, особливо № 3, 5, 8, також містять забагато аббревіатур.
- У роботі зустрічаються **механічні й стилістичні помилки**, термінологічні неточності, деякі невдалі вирази та формулювання.

Проте, більшість з наведених зауважень і запитань мають дискусійний характер, отже, не впливають на загальну позитивну оцінку, не знижують наукову і практичну цінність дисертаційної роботи Галини Дубової.

Висновок про відповідність вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Представлена до захисту дисертація Дубової Галини Євгеніївни «Біотехнологічні основи регулювання дії попередників аромату харчової сировини» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить результати вирішення важливої сучасної проблеми – розроблення наукових принципів регулювання реакцій утворення ароматів в харчовій сировині, макроміцетах та доведено перспективи застосування розроблених і обґрунтованих ферментативних реакцій у різноманітних харчових технологіях.

Актуальність обраної науково-технічної тематики, високий методичний рівень проведених досліджень, наукова новизна й практичне значення отриманих результатів, обґрунтованість основних положень і висновків, якість оформлення переконливо свідчать, що робота Галини Дубової цілком узгоджується із чинними вимогами до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук. Вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №1197 від 17 листопада 2021 року, а її автор – Галина Дубова заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія.

Офіційний опонент:

завідувач відділу хімії та біотехнології ГК
Відділення фізико-хімії горючих копалин
ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України,
доктор технічних наук, професор

Олена КАРПЕНКО

