

ВІДГУК

опонента завідувача кафедри технологій та безпечності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету,
доктора технічних наук, професора **САМІЛИК Марини Михайлівни**
на дисертацію **ІВАНОВОЇ Ірини Євгенівни** на тему:
**«Наукові основи процесів охолодження плодової сировини
при зберіганні та переробці»,**
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
з наукової спеціальності 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв»

Ступінь актуальності обраної теми докторської дисертації. Посилення продовольчої безпеки України у післявоєнний період є стратегічним завданням, безпосередньо пов'язаним із відновленням та стабільним функціонуванням національної продовольчої системи. Важливим її елементом виступає плодова сировина, яка завдяки високій концентрації вітамінів, харчових волокон, поліфенольних сполук та інших мінорних компонентів відіграє ключову роль у формуванні збалансованого раціону і підтриманні фізіологічних функцій організму людини.

Проте, згідно з оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), щорічні втрати плодів у ланцюгах постачання коливаються в межах 40...50 % від загального обсягу виробництва. Високий рівень втрат, зумовлений їх біологічною нестабільністю, чутливістю до температурного, мікробіологічного та механічного впливів, а також сезонною нерівномірністю логістичних потоків.

Науковим пошуком шляхів удосконалення існуючих способів охолодження та подальшого холодильного зберігання займалися українські вчені. Їхні праці присвячені формуванню біоенергетичних основ холодильної обробки, зберігання та транспортування рослинної сировини, вивченню механізмів дозрівання та старіння плодів, дії температурних чинників, регульованого газового середовища, впливу охолодження на ферментативну активність, фітогормональний баланс та мікробіологічну стабільність. Особливо цінними є дослідження щодо розроблення систем попереднього охолодження та наукове обґрунтування параметрів повітряного й гідроохолодження.

Проте, попри наявні досягнення, низка питань залишаються відкритими. Так, аналіз сучасного рівня наукової інформації щодо процесів холодильної обробки плодової продукції свідчить про фрагментарність підходів до вирішення проблеми збереження її якості. Сьогодні відчутною є нестача систематизованих наукових даних щодо термодинамічних, теплофізичних та масообмінних характеристик плодів при охолодженні, що ускладнює математичне моделювання та прогнозування змін якості у логістичному ланцюгу «поле – виробництво харчового продукту – споживач». Це ускладнює раціональне проектування

режимів охолодження з урахуванням типу сировини, цільового призначення та подальшого виробництва готового продукту із заданими функціональними властивостями.

Виходячи з вищенаведеного дослідження наукових основ процесів охолодження плодової сировини при зберіганні та переробці є актуальним багатокомпонентним завданням, що дозволить скоротити втрати плодів при їх тривалому зберіганні, знайде нові підходи до одержання об'єктивних факторів, які впливають на процеси збереження якості й потенціал лежкості плодової продукції на всіх етапах – від поля до споживача та дозволить заздалегідь провести розподіл сировини для безвідходного ланцюга використання фруктів. Питання застосування інновацій в процесах зберігання та переробки плодової сировини є до кінця невирішеним.

Проведене дисертаційне дослідження логічно інтегрується у комплекс науково-дослідних робіт Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, зокрема: «Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для переробки сільськогосподарської продукції» (номер державної реєстрації 0102U000680); «Розробка нових і вдосконалення існуючих технологій зберігання продукції рослинництва з використанням антиоксидантних препаратів» (номер державної реєстрації 0107U008969); «Розробка нових і вдосконалення існуючих технологій зберігання та первинної обробки продукції рослинництва в степовій зоні України за умов глобального потепління» (номер державної реєстрації 0111U002553); «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» (номер державної реєстрації 0116U002734); «Розроблення інноваційних технологій харчової та кулінарної продукції» (номер державної реєстрації 0121U110200). Комплексність цих програм забезпечує наукову основу для формування актуальності, практичної значущості та інноваційної складової дослідження.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у докторській дисертації, їх новизна і загальнонаціональне значення. Достовірність і необхідний ступінь наукового обґрунтування основних положень дисертації підтверджено використанням широкого спектру загальноприйнятих традиційних і сучасних фізико-хімічних, біохімічних, мікробіологічних методів, математичної обробки експериментальних даних із застосуванням комп'ютерних програм – Excel, Agrostat, Statistika.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані здобувачкою, ґрунтуються на коректно застосованих методах наукового дослідження, валідованих підходах до статистичного опрацювання матеріалу та отриманих експериментальних даних, що характеризуються високим рівнем достовірності. Комплекс використаних методик забезпечує повну верифікацію заявлених у дисертації наукових результатів.

Дисертанткою чітко сформульовано наукову проблему, яка потребувала вирішення. Проведено критичний аналіз сучасного стану теоретичних і практичних напрацювань у сфері технології зберігання та переробки плодової сировини. У межах формування безвідходного ланцюга використання плодової продукції проблема полягає у встановленні закономірностей впливу абіотичних факторів на якість плодів черешні та вишні, а також у науковому обґрунтуванні оптимальних режимів їх охолодження в умовах зберігання та переробки.

Авторкою грамотно розроблено програму і методологічні основи теоретичних і експериментальних досліджень, обрано методику їх проведення. Використано як загальноприйняті, так і спеціальні сучасні методи досліджень.

Для вирішення окресленої наукової проблеми дисертанткою було реалізовано комплекс взаємопов'язаних наукових завдань, які включали: розроблення математичних моделей, що описують залежність ключових функціонально-технологічних характеристик плодів черешні та вишні від дії абіотичних чинників; створення органічних композицій захисного спрямування та оцінку їх ефективності; дослідження впливу різних методів попереднього охолодження на інтенсивність масообмінних, фізіологічних, мікробіологічних та структурно-механічних процесів під час холодильного зберігання; моделювання кінетики тепломасообміну у плодах за різних схем охолодження; наукове обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації та встановлення оптимальних режимів для виробництва цукатів із черешні та вишні з прогнозованими властивостями.

Обґрунтованість наукових положень і зроблених висновків дисертації базується на використанні авторкою сучасних знань про склад, фізіологічні, біохімічні, фізичні властивості досліджуваних плодів та основні проблеми при їх зберіганні. Величезний експериментальний матеріал авторкою всебічно проаналізовано та піддано варіаційно-статистичній обробці. Застосування багатофакторного дисперсійного аналізу дозволяє оцінити вплив розроблених прийомів технології та підтверджує вірогідність отриманих результатів і зроблених висновків.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень авторкою дисертації узагальнено отримані результати, розроблено та науково обґрунтовано процеси охолодження плодової сировини для подовження термінів зберігання та збереження якісного нутрієнтного складу плодів черешні та вишні. Проведено фізико-математичне моделювання масообмінних процесів під час охолодження плодів черешні та вишні, а також моделювання зміни їх якісного стану у функції від керованих технологічних параметрів. Розроблено та науково обґрунтовано інтегрований технологічний підхід до попереднього охолодження і подальшого зберігання плодів з використанням органічних композицій антимікробної дії, що сприяють пролонгуванню строків зберігання. Обґрунтовано раціональні технологічні параметри осмотичної дегідратації як методу отримання

функціонального харчового продукту з високим ступенем збереженості біологічно активних речовин, фітонутрієнтів та структурно-механічної стабільності у свіжих, заморожених плодах та цукатах з черешні та вишні.

Позитивним моментом дисертації є те, що робота доведена до логічного кінця. Завдяки системному підходу до методологічних, методичних і прикладних аспектів досліджуваної проблеми, розроблено функціонально-технологічну схему підготовки плодової продукції до зберігання із використанням органічної композиції та переробки на цукати. Практичне значення отриманих результатів полягає у впровадженні інноваційного підходу до зберігання плодів черешні та вишні, що включає застосування біокомпозиції у поєднанні з гідро-охолодженням – як комбінованого способу технологічної обробки. Вперше розроблено методичні підходи до прогнозування змін якісних показників та харчової цінності плодової продукції під час зберігання, що ґрунтуються на виявлених предикторах втрат маси, зниження біохімічної стабільності та функціональної цінності плодів.

Запропоновані моделі та регламентовані параметри комбінованого охолодження дозволять виробникам харчового продукту завчасно оцінювати придатність плодів до тривалого зберігання або технологічної переробки, оптимізувати логістику сировинних потоків, зменшити післязбиральні втрати та забезпечити стабільну якість продукції. Виробничі випробування розробленої технології у реальних умовах холодильних і харчових підприємств підтвердили її ефективність у подовженні термінів зберігання плодів з мінімізацією втрат сенсорних властивостей та збереженням високої біологічної цінності.

На базі Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь, м. Запоріжжя) апробацію результатів досліджень у виробничий процес було проведено на підприємствах ТОВ МЖК «Південний» (2020–2021 рр.), ТОВ «Мошурівський консервний завод» (2023–2024 рр.), ПрАТ «Київський Маргариновий Завод» (2024–2025 рр.).

Повнота викладення основних результатів докторської дисертації в наукових публікаціях зарахованих за темою дисертації. За матеріалами дисертації опубліковано 72 наукові праці, з яких розділ в колективній монографії, проіндексованій у базі даних Scopus, 20 статей у періодичних наукових виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України та/або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 20 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 9 статей в інших наукових виданнях, 8 патентів України на корисні моделі, 14 тез наукових доповідей. Також за результатами досліджень було отримано свідоцтво на торговельну марку CHERRY & SWEETS.

Оцінка змістовного наповнення дисертації. Робота включає 2 томи: результати досліджень та додатки. Дисертація (том I) містить 78 таблиць, 104 рисунки та складається з анотації, вступу, 8 розділів, висновків та списку використаних джерел. Друга частина дисертації (том II) представлено 11 додатками. Дисертація вирізняється цілісністю, логічною структурованістю та послідовним викладом матеріалу.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дисертації та її актуальність, сформульовано мету та завдання дослідження, відображено результати апробації, визначено особистий внесок здобувачки у проведених дослідженнях і публікаціях за темою роботи. Визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У розділі 1 **«Теоретичні основи технологічних процесів охолодження та зберігання плодів черешні та вишні»** розглянуто науково-технічні передумови формування сировинної бази та розвиток технологій охолодження і зберігання кісточкових плодів та основні напрями використання плодів черешні та вишні. Надана загальна характеристика плодів черешні та вишні як об'єкта охолодження та зберігання. Проаналізовано теоретичні основи і проблеми охолодження плодової сировини та сучасні підходи і проблеми зберігання плодів черешні та вишні. Розглянуто питання розроблення математичних моделей, які дозволяють кількісно описати закономірності впливу дії штучного холоду на збереження структурно-механічних, мікробіологічних та органолептичних властивостей плодів упродовж холодильної обробки та зберігання. Обґрунтовано доцільність проведення подальших досліджень процесів охолодження плодів черешні та вишні, яка обумовлена сукупністю технологічних, біохімічних та економічних чинників, а також необхідністю наукового обґрунтування режимів реалізації цього процесу. Особливої уваги заслуговує розроблення математичних моделей, які дозволили кількісно описати закономірності впливу дії штучного холоду на збереження структурно-механічних, мікробіологічних та органолептичних властивостей плодів упродовж холодильної обробки та зберігання.

У розділі 2 **«Програма та методика проведення досліджень»** окреслено наукову проблему, що стала основою дисертаційного пошуку, сформульовано концептуальну технологічну та процесну гіпотези, відповідно до яких побудовано експериментальну програму. Детально описано методичні підходи та алгоритм проведення дослідних робіт. У межах математичного моделювання якісного стану плодової сировини запропоновано три наукові гіпотези, що визначають логіку побудови моделі та забезпечують можливість формування системи предикторів для оцінювання технологічної придатності плодів.

У розділі 3 **«Математичне моделювання процесів формування функціонально-технологічних і якісних показників плодів черешні та вишні»** розроблено методику математичного моделювання залежності біохімічних та товарних показників якості плодів черешні та вишні від комплексу абіотичних чинників із застосуванням методу головних

компонент та «LASSO». Побудовані математичні моделі кількісно описують вплив кліматичних умов на акумуляцію сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот, вітаміну С, фенольних речовин та ключових показників технологічної якості сировини в плодах черешні та вишні.

Установлено достовірні кореляційні залежності ($|r| \geq 0,55$) між 17–19 погодними факторами та вмістом сухих розчинних речовин у плодах черешні й вишні різних термінів досягання. Побудовані математичні моделі кількісно описують вплив кліматичних умов на акумуляцію сухих розчинних речовин як ключового показника технологічної якості сировини. Найбільший вплив мають температурні та вологісні показники (питома частка $\geq 9,5$ %). Виявлено фазову специфіку дії метеофакторів: для черешні критичним є останній місяць формування плодів, для вишні – період від кінця цвітіння до досягання. Отримані моделі придатні до інтеграції в системи прогнозування якості врожаю та оптимізації технологічних процесів у харчових виробництвах.

У розділі 4 **«Експериментальна оцінка параметрів процесів холодильної обробки та зберігання плодів черешні та вишні»** представлено результати експериментальних досліджень щодо впливу різних способів попереднього охолодження та умов холодового зберігання на якісний стан плодів кісточкових культур. Проаналізовано ефективність застосування біокомпозицій на основі молочної та оцтової кислот у поєднанні з гідроохолодженням. Визначено раціональні режими попереднього охолодження, що забезпечують пролонговане збереження структурних, біохімічних і мікробіологічних показників черешні та вишні.

Запропоновано комбінований метод підготовки плодів, який дозволяє зберігати їх до 40 діб при збереженні виходу стандартної продукції на рівні 98 %. Доведено його переваги порівняно з пасивним та інтенсивним повітряним охолодженням: зменшення втрат маси у 11,3–22,9 раза, уповільнення розвитку епіфітної мікрофлори та забезпечення високих товарних та технологічних характеристик протягом усього строку зберігання.

У розділі 5 **«Фізико-математичне моделювання процесу охолодження плодів черешні та вишні»** отримано критеріальні рівняння досліджуваних процесів охолодження. На основі експериментальних досліджень основних параметрів процесів низькотемпературної обробки плодів вишні та черешні було складено критеріальні рівняння при використанні критеріїв Рейнольдса, Фур'є, Нуссельта, використовуючи які та відповідну розрахункову програму виникає можливість сформулювати рекомендований ряд параметрів робочого режиму для процесів повільного, інтенсивного, гідродинамічного та комбінованого охолодження; забезпечити ефективний перебіг конвективного теплообміну за контрольованої зміни досліджуваних характеристик.

У розділі 6 **«Оцінка параметрів якості плодової продукції за використання моделі «плоского факторного поля»** отримано математичні моделі якості досліджуваних зразків черешні та вишні за негативними і позитивними параметрами через 30 діб зберігання для процесів повільного, інтенсивного, гідро та комбінованого способів охолодження. Розраховано параметри якості плодів черешні та вишні після попереднього охолодження.

У розділі 7 **«Технологічні аспекти процесу виробництва цукатів із плодів черешні та вишні»** викладено теоретичні засади та практичні підходи до застосування осмотичної дегідратації при переробці свіжих та заморожених плодів. Проаналізовано придатність різних сортів черешні та вишні до технології виробництва цукатів, встановлено вплив фізико-хімічних властивостей осмотичного середовища на кінетичні характеристики масообмінних процесів. За результатами досліджень розроблено оптимізовані технологічні схеми одержання цукатів зі свіжої та замороженої темнозабарвленої черешні й вишні, а також зі світлозабарвлених плодів черешні.

Авторкою удосконалено технології переробки та впроваджено у виробництво виготовлення цукатів зі свіжої та замороженої сировини, що сприятиме подовженню періоду споживання плодів черешні, вишні, яка може використовуватися для дитячого та дієтичного харчування населення, особливо в зимово-весняний період.

У розділі 8 **«Оцінка економічної ефективності та соціального ефекту впровадження результатів дослідження зберігання та переробки плодів черешні та вишні у виробництво»** доведено економічну ефективність проєкту.

Техніко-економічна ефективність інтегрованої технології зберігання плодів черешні та вишні з подальшим виробництвом цукатів зі свіжої та замороженої плодової сировини є економічно доцільною. Соціально-економічний ефект від збільшення виходу продукції при зберіганні плодів черешні та вишні комбінованим способом у розрахунку на 1 тонну становить 2918 грн та 2275 грн відповідно. Прибуток від продажу цукатів зі свіжих плодів черешні, вишні становить 133,9–171,16 тис. грн відповідно; прибуток від продажу 1 т цукатів із заморожених плодів черешні – 111,26 тис. грн, вишні – 148,5 тис. грн.

Висновки дослідження спрямовані на вирішення комплексної науково-прикладної проблеми – встановлення закономірностей та наукового обґрунтування раціональних режимів охолодження плодів черешні та вишні під час їх зберігання та переробки. Отримані результати підтверджують практичну значущість та економічну ефективність запропонованих технологічних рішень, дозволяють запропонувати споживачу спосіб безвідходного використання плодів черешні та вишні цілорічно.

Відсутність (наявність) академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Дисертація Іванової Ірини Євгенівни є самостійним, оригінальним науковим дослідженням.

У представленій роботі та відповідних наукових публікаціях авторки не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації даних, а також будь-яких порушень принципів академічної доброчесності. Всі результати отримані коректними науковими методами та належно підтверджені експериментальними матеріалами.

Зауваження та дискусійні питання щодо положень докторської дисертації. Оцінюючи дисертацію Іванової Ірини Євгенівни в цілому, слід зазначити, що вона є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу наукову проблему та практичну задачу. Поряд із вищезазначеними здобутками до роботи є ряд зауважень, а також побажань:

1. У науковій новизні наголошено, що «Вперше» проведено фізико-математичне моделювання масообмінних процесів під час охолодження плодів черешні та вишні, а також моделювання зміни їх якісного стану у функції від керованих технологічних параметрів. Тобто, до цієї роботи, моделювання для зазначених плодів масообмінних процесів під час охолодження та зміни їх якісного стану у функції від керованих технологічних параметрів не було проведене?

2. Чому регресійно-кореляційний аналіз оцінки впливу погодних умов на біохімічні та технологічні показники якості черешні та вишні було проведено саме методами «LASSO» та «головних компонент»?

3. За яким принципом було обрано складові органічної композиції для обробки плодів при комбінованому способі охолодженні плодів?

4. Як було обрано режимні параметри етапів комбінованого охолодження плодів черешні та вишні?

5. У розділі 7 дисертації не сформульовано пояснення чи можуть структурно-фізіологічні особливості плодів впливати на кінетику осмотичної дегідратації та значення осмотичних коефіцієнтів та як наслідок змінювати кількість стадій дегідратації при виробництві цукатів зі свіжих та заморожених плодів?

Вказані недоліки не є принциповими і не впливають на наукову і практичну цінність дисертації, а деякі з них є дискусійними. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації Іванової Ірини Євгенівни, а також не зменшують її наукової та прикладної значущості.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам. Дисертація Іванової Ірини Євгенівни на тему: «Наукові основи процесів охолодження плодової сировини при зберіганні та переробці» є завершеним науковим дослідженням, що містить нові теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені наукові результати.

За рівнем актуальності тематики, ступенем наукової новизни, значущістю теоретичних положень, практичною цінністю та результатами впровадження у виробничу діяльність робота відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

З огляду на це авторка дисертації Іванова Ірина Євгенівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за науковою спеціальністю 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв».

Опонент
завідувач кафедри технологій
та безпеки харчових продуктів
Сумського національного
аграрного університету,
доктор технічних наук, професор

 **Марина САМЛИК**

Ліліє
Самілик-Іванова
завідувач



Марія Євгенівна Іванова