

ВІДГУК

опонента професора кафедри харчових технологій Уманського національного університету, доктора технічних наук, професора **ЗАМОРСЬКОЇ Ірини Леонідівни** 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 – один з пріоритетних напрямів післявоєнної відбудови України, що тісно пов'язаний зі стійким функціонуванням продовольчої системи, цінним компонентом якої є плодова продукція. Завдяки високій вітамінній цінності, значній кількості харчових волокон та міnorних біологічно активних речовин, плоди є необхідною складовою системи раціонального харчування.

Проте, незважаючи на високу цінність плодової продукції, внаслідок її схильності до швидкого псування щорічні втрати в харчових ланцюгах можуть сягати до 50 %, мінімізувати які можна за рахунок ефективної системи охолодження.

Охолодження зумовлює гальмування активності ферментів та діяльності патогенної мікрофлори, зберігаючи свіжість плодової продукції, що висвітлено в численних наукових дослідженнях. Однак, не розкритими залишилися питання впливу абіотичних факторів на формування якості плодової продукції, зокрема, черешні та вишні, змін її фізико-хімічних показників у ході процесу охолодження та адаптації режимів до анатомо-морфологічних особливостей об'єктів. Це стало передумовою для розроблення математичних моделей та обґрунтування раціональних режимів охолодження, що і визначило актуальність досліджень. Водночас, важливим аспектом є стабільність фізико-хімічних характеристик свіжих та заморожених плодів черешні та вишні в процесі осмотичної дегідратації, тому важливо встановити раціональні режими їхньої обробки в технології виробництва цукатів.

Дисертаційне дослідження є складовою частиною науково-дослідних програм Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного: «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).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у докторській дисертації, їх новизна і загальнонаціональне/світове значення. Висунуті Івановою Іриною Євгенівною наукові положення, сформульовані в дисертації висновки і рекомендації та їхня наукова новизна цілком обґрунтовані застосуванням методів наукового пізнання та отриманими статистично достовірними результатами.

Здобувачкою на підставі аналізування наявної наукової бази критично осмислено та сформульовано наукову проблему, що потребує вирішення, а саме: встановлення закономірностей та обґрунтування раціональних режимів охолодження черешні та вишні при зберіганні та переробці. Висновки, зроблені в результаті опрацювання наукової літератури узагальнюють та аргументують доцільність подальших досліджень у даному напрямі.

Для вирішення наукової проблеми здобувачкою поставлено завдання, що передбачали розроблення математичних моделей залежностей функціонально-технологічних показників плодів черешні та вишні від абіотичних факторів; розроблення захисних органічних композицій та аналізування впливу різних способів попереднього охолодження на динаміку масообмінних, фізіологічних, мікробіологічних і функціонально-технологічних процесів у плодах під час холодильного зберігання з побудовою фізико-математичних моделей охолодження плодів; обґрунтування наукових принципів та встановлення раціональних режимів осмотичної дегідратації для різних типів сировини та їхнього впливу на якість цукатів з черешні та вишні.

Висновки дисертації є логічним наслідком проведених авторкою досліджень та аналізування отриманих результатів. Наведені в дисертації експериментальні дані та розроблені на їхній основі математичні моделі достовірні, адекватні та підтверджують сформульовані положення та висновки.

Наукові положення та висновки дисертаційного дослідження вирізняються високим ступенем новизни.

Вперше розроблено математичні моделі формування якісного складу плодів черешні та вишні залежно від абіотичних факторів агроекологічного походження, виявлено ключові предиктори варіації біохімічних і технологічних параметрів, створено аналітичну базу для прогнозування придатності сировини до тривалого зберігання та технологічної переробки; науково обґрунтовано можливість та доцільність інтеграції технологій охолодження із застосування біокомпозицій на основі молочної та оцтової кислот

для післязбиральної обробки плодів черешні та вишні з розробленням регресійних моделей для оптимізації їхнього складу; науково-обґрунтовано вплив різних способів охолодження на динаміку фізико-хімічних та мікробіологічних процесів з отриманням основних параметрів процесів низькотемпературної обробки досліджуваних сортів вишні та черешні.

Набули подальшого розвитку наукові підходи до використання штучного холоду; методологія багатокритеріального аналізу та вибору параметрів товарної якості, хімічного складу та сенсорних характеристик свіжих і заморожених напівфабрикатів для виробництва цукатів. Наукову новизну підтверджено 8 патентами на корисні моделі.

Наукові положення та висновки дисертаційного дослідження мають вагомe практичне значення, що полягає у впровадженні інноваційного підходу до зберігання плодів черешні та вишні із застосуванням біокомпозиції у поєднанні з гідроохолодженням. Розроблено методичні підходи до прогнозування змін якісних показників та харчової цінності плодової продукції під час зберігання на підставі предикторів втрат маси, зниження біохімічної стабільності та функціональної цінності плодів.

Результати досліджень впроваджено на ТОВ МЖК «Південний», ПрАТ «Київський Маргариновий Завод», ТОВ «Мошурівський консервний завод» та в навчальний процес Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

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, проіндексований 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.

Оцінка змісту дисертації. Дисертацію викладено у двох томах: результати досліджень та додатки. Том I дисертації складається з анотації, вступу, восьми розділів, висновків та списку використаних літературних джерел. Том II дисертації представлено 11 додатками. Дисертація є цілісним та логічно викладеним науковим дослідженням.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і поставлено завдання досліджень, наведено методи досліджень, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **розділі 1** наведено науково-технічні передумови формування сировинної бази та розвитку технологій охолодження і зберігання кісточкових плодів, загальну характеристику плодів черешні та вишні як об'єктів охолодження та зберігання. Викладено теоретичні основи і проблеми охолодження плодової сировини та сучасні підходи

до вирішення проблем зберігання плодів черешні та вишні. Поставлено задачі для подальших досліджень.

У **розділі 2** постановлено наукову проблему, сформульовано концептуальну технологічну та процесну гіпотези, розроблено програму досліджень та наведено методику проведення досліджень. Сформульовано три наукові гіпотези для реалізації математичного моделювання якісного стану плодової продукції.

У **розділі 3** розроблено методику математичного моделювання залежності біохімічних показників якості плодів черешні та вишні від комплексу абіотичних чинників із застосуванням методу головних компонент та «LASSO». Виявлено достовірні кореляційні залежності між 17–19 погодними факторами та вмістом сухих розчинних речовин ($|r| \geq 0,55$), цукрів, титрованих кислот, аскорбінової кислоти та фенольних сполук у плодах черешні й вишні різних термінів достигання та показники, що здійснюють найбільш вагомий вплив на процеси їхнього формування. Побудовано регресійні моделі для прогнозування вмісту компонентів хімічного складу для оптимізації сортового добору та керування технологічною якістю сировини.

У **розділі 4** розглянуто результати досліджень параметрів процесів холодильної обробки та зберігання плодів черешні та вишні за різних способів охолодження із застосуванням захисних композицій. Встановлено оптимальні умови гідроохолодження з використанням захисних композицій на основі молочної та оцтової кислот для подовження терміну зберігання черешні та вишні. Розроблено комбінований спосіб попереднього охолодження плодів черешні та вишні, що забезпечує їх збереження протягом 40 діб з виходом стандартної продукції на рівні 98 %. Доведено позитивний вплив комбінованого охолодження для мінімізації втрат маси (у 11,3–22,9 разів порівняно з пасивним та інтенсивним повітряним способом), високого рівня збереження якості та суттєвого обмеження розвитку епіфітної мікрофлори.

У **розділі 5** наведено технологічні аспекти процесів повільного, інтенсивного, гідроохолодження та комбінованого охолодження плодів черешні та вишні, розроблено математичні моделі процесів. На підставі експериментальних досліджень було виведено критеріальні рівняння з використанням критеріїв Рейнольдса, Фур'є, Нуссельта для формування рекомендованого ряду параметрів робочого режиму для процесів повільного, інтенсивного, гідродинамічного та комбінованого охолодження. Виявлено, що коефіцієнт теплопередачі для досліджуваних процесів становить максимальну величину за комбінованого, а мінімальну – для повільного охолодження.

У **розділі 6** представлено розроблені моделі якісних характеристик плодів у процесах охолодження плодів черешні та вишні. За результатами моделювання оцінено динаміку змін параметрів якості досліджуваних плодів. Виявлено тенденцію до зменшення коефіцієнту

відповідності нормативам якості $k_{\text{вн}}$ за усіх способів охолодження, а також для процесів повільного та комбінованого охолодження у системі зберігання впродовж 30 діб. Доведено сталість коефіцієнтів зростання якості $k_{\text{яз}}$ та $\varphi_{\text{яз}}$ для досліджуваних процесів охолодження. Виявлено стрімке зниження значення питомого коефіцієнту зростання якості $\varphi_{\text{яз}}$ після 30 діб зберігання для всіх досліджуваних процесів охолодження, а також стабільне підвищення значення коефіцієнту зростання якості $k_{\text{яз}}$ на 32–35 %, що показує тенденцію до зростання потенціалу для досліджуваних процесів охолодження.

Найкращі характеристики виявлено у плодів черешні сорту «Melitopol's'ka chorna» за показниками зростання площ негативних параметрів після 30 діб зберігання у межах $S_{\text{н}}=1,03\dots2,19$ та коефіцієнту відповідності нормативам якості $k_{\text{вн}}=0,44\dots0,83$ одразу після обробки та $k_{\text{вн}}=0,46\dots1,29$ після 30 діб зберігання, а також для вишні «Vstriecha» за показником зменшення площі позитивних параметрів $S_{\text{п}}=1,274\dots2,136$ після 30 діб зберігання.

У **розділі 7** наведено теоретичні аспекти процесу виробництва цукатів із використанням осмотичної дегідратації зі свіжих плодів, результати визначення придатності сировини до виробництва цукатів та впливу властивостей осмотичного агенту на кінетику осмотичної дегідратації. На підставі отриманих результатів розроблено технологічні схеми процесів виробництва цукатів зі свіжих та заморожених темнозабарвлених плодів черешні та вишні, світло забарвлених плодів черешні. Виявлено, що осмотична рівновага досягалася за 12–21 годину за підвищення температури до 80–100 °С, тоді як за низьких температур і концентрацій – до 42 годин. Найнижча інтенсивність масообмінних процесів зафіксована за 20–40 °С та концентрації 30–40 % з найактивнішою фазою дегідратації впродовж перших трьох годин. Доведено, що максимальні значення осмотичних коефіцієнтів спостерігалися при використанні 30 % цукрового розчину.

У **розділі 8** представлено результати оцінки економічної ефективності та соціального ефекту впровадження результатів дослідження зберігання та переробки плодів черешні та вишні у виробництво та доведено, що впровадження проєктної технології зберігання 1 тонни плодів черешні та вишні з комбінованим способом охолодження є економічно обґрунтованим та ефективним для підприємства, оскільки забезпечує підвищення доходу від реалізації продукції на 15,6 % для черешні та на 15,9 % для вишні зі зниженням собівартості одиниці продукції відповідно на 3 % та 2,7 %.

Впровадження у виробництво цукатів зі свіжих плодів черешні принесе прибуток в розмірі 133,9 тис. грн і 171,16 тис. грн для вишні. Для заморожених плодів, розмір прибутку складе відповідно 111,26 тис. грн та 148,5 тис. грн за рівня рентабельності 42,09 % (черешня) та 67,85 % (вишня).

Висновки спрямовані на вирішення проблеми встановлення закономірностей та обґрунтування раціональних режимів охолодження черешні та вишні при зберіганні та переробці, мають практичне значення та економічно обґрунтовані.

Відсутність (наявність) академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково-обґрунтованими висновками та практичними рекомендаціями, які подано здобувачкою для прилюдного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей та прикладних розробок, результатів або слів без оформлення належного цитування. Таким чином, у дисертації Іванової Ірини Євгенівни відсутні порушення принципів академічної доброчесності.

Зауваження та дискусійні питання щодо положень докторської дисертації. Попри загалом високу оцінку дисертації, її теоретичну та практичну цінність, існує низка дискусійних положень і зауважень, які, на нашу думку, варто було б урахувати в подальшій науковій діяльності:

1. У роботі варто було б згрупувати сорти черешні на типи бігаро і гіні, а для вишні на гріоти та аморелі, які характеризуються різними морфологічними, анатомічними та біохімічними особливостями, що могло впливати на результати досліджень.

2. З роботи не зрозуміло обрання в якості модельного об'єкту плодів черешні раннього строку досягання сорту Valerii Chkalov, оскільки дисертанткою зроблено висновок про найбільшу технологічну цінність для зберігання і переробки сортів черешні Dachnytsia (середньостиглий) та Krupnoplidna (пізньостиглий). Натомість, зазначено, що у плодів сорту Valerii Chkalov спостерігалася висока варіативність вмісту окремих компонентів хімічного складу.

3. Авторкою висунуто першу гіпотезу, що полягає у тому, що якісний стан виробів визначається кількісно за безрозмірними величинами, що отримані через співвідношення між нормативними та поточними оціночними характеристиками, однак, не розкритим залишилося питання кількісного визначення використаних у роботі безрозмірних величин для плодів черешні і вишні за відсутності нормативних значень.

4. У розділі 2 варто було б зазначити рекомендований або найбільш поширений спосіб попереднього охолодження плодів черешні та вишні перед зберіганням та взяти його за контроль. Щодо гідроохолодження не розкритим залишилося питання контролю рН поверхні плодів за обробки органічними кислотами.

5. У розділі 2 слід було зазначити шкалу сенсорної оцінки розміру плодів та її диференціацію на «дуже дрібні», «дрібні» та «середні».

6. У розділі 2 необхідно було обґрунтувати тривалість зберігання плодів черешні та вишні з урахуванням втрат маси та зазначити кількісно критерії доцільності подальшого зберігання після їхнього досягнення.

7. З розділу 2 не зрозумілим залишається питання контролю в технології виробництва цукатів. Варто було б обрати в якості контролю традиційну технологію виробництва цукатів та порівнювати отримані результати відповідно до значень аналогічних показників, отриманих за традиційною технологією.

8. У розділі 5 дисертанткою наведено розрахункові дані для визначення степеневих коефіцієнтів за різних способів охолодження плодів (перед зберіганням, після охолодження та через 30 діб зберігання), однак, потребують роз'яснення обрані для розрахунків однакові значення теплоємності плодів та кінематичної в'язкості холодоносія за різних температурних умов. Оскільки теплоємність плодів та кінематична в'язкість холодоносія є температурозалежними величинами, їхнє прийняття як сталих для різних температур охолодження потребує обґрунтування.

9. У роботі варто було б виділити найбільш вагомі показники, за якими встановлювали придатність плодів черешні та вишні до охолодження та переробки.

Проте, наведені дискусійні положення, зауваження та побажання не знижують цінності та не впливають на загальну оцінку дисертації Іванової Ірини Євгенівни.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам. Дисертація на тему: «Наукові основи процесів охолодження плодової сировини при зберіганні та переробці» є самостійною завершеною науковою працею з новими науково обґрунтованими результатами, що за актуальністю теми, науковою новизною, теоретичною та практичною цінністю, впровадженням у виробництво відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а її авторка Іванова Ірина Євгенівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук з наукової спеціальності 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв».

Опонент
професор кафедри харчових технологій
Уманського національного університету,
доктор технічних наук, професор

Ірина ЗАМОРСЬКА

