

УДК 664.8.03:[634.10:634.2]:678.048

№ держ. реєстр. 0121U110200

Інвент. №

Міністерство освіти та науки України  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного(ТДАТУ)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з наукової роботи  
д.т.н, професор

\_\_\_\_\_Анатолій ПАНЧЕНКО

**ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**Програма 3**

**РОЗРОБЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОЇ ТА  
КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

(підсумковий)

Директор НДІ АТЕ  
д.т.н., професор



Олеся ПРИСС

Керівник НДР  
д.т.н., професор



Олеся ПРИСС

2025

Рукопис закінчено 5 грудня 2025 р.

Результати роботи розглянуто Науково-технічною радою  
Науково-дослідного інституту «Агротехнологій та екології»  
протокол № 2 від 15 грудня 2025 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

Керівник проекту і відповідальний виконавець – завідувач лабораторії, доктор технічних наук, професор доктор технічних наук, професор	Олеся Прісс (реферат, керівництво, керівництво та участь 3.1, участь 3.2, 3.3, 3.5) Марина Сердюк (участь 3.1, 3.2) Ірина Іванова (участь 3.1) Анастасія Демидова (участь 3.1, формування звіту) Павло Булгаков (участь 3.1) Олександр Яковер (участь 3.1) Дар'я Зарецька (участь 3.1) Людмила Кюрчева (керівництво та участь 3.2, 3.7) Тетяна Колісниченко (керівництво та участь 3.3, участь 3.7) Микола Андрущенко (участь 3.3) Юлія Гончар (участь 3.3, 3.7) Олена Данченко (керівництво та участь 3.4) Данило Майборода (участь 3.4) Микола Данченко (участь 3.4) Надія Загорко (керівництво та участь 3.5) Ніна Бісько (керівництво та участь 3.6) Олександр Сокот (участь у 3.6) Антон Ткаченко (участь у 3.6)
кандидат сільськогосподарських наук, доцент доктор технічних наук, доцент	
доктор філософії, старший викладач аспірант	
аспірант	
кандидат сільськогосподарських наук, доцент кандидат технічних наук, доцент	
кандидат сільськогосподарських наук, доцент кандидат технічних наук, доцент	
доктор сільськогосподарських наук, професор аспірант	
кандидат технічних наук, доцент	
кандидат технічних наук, доцент	
доктор технічних наук, професор	
аспірант	
аспірант	

## РЕФЕРАТ

**Звіт про НДР: складається з 165 с., 36 рис., 55 табл.**

**Об'єкт та предмет досліджень:** методологія консервування з метою збереження біоактивних речовин сільськогосподарської сировини, технології виробництва інноваційних продуктів, зміни якості та біологічної цінності сировини та харчових виробів впродовж тривалого зберігання.

**Мета роботи:** розроблення інноваційних та вдосконалення існуючих технологій харчової та кулінарної продукції.

**Методи досліджень:**

*загальнонаукові:* аналізу літературних джерел та отриманих експериментальних даних, синтезу – для формування узагальнень та висновків, спостереження за процесами формування якості, експерименту – складання схеми лабораторних досліджень, моделювання — для побудови математичних моделей, індукції і дедукції – для співставлення результатів математичного моделювання з отриманими експериментальними даними, органолептичний – для визначення квалітативних показників плодів протягом зберігання.

*спеціальні:* виробничий – проведення дослідження зі зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями у виробничих умовах; лабораторний – для досліджень фізико-хімічних, біохімічних показників, мікробіологічного забруднення; математично статистичний – для математичної обробки експериментальних даних, порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної ефективності технологічних впроваджень.

**Узагальнені результати досліджень:**

У роботі за темою 3.1 зосереджено увагу на механізмах антиоксидантного захисту плодів овочів у післязбиральний період та досліджено інноваційні технології, спрямовані на мінімізацію окиснювального стресу, який впливає на їхню якість і тривалість зберігання. Висвітлено роль ендогенних і екзогенних антиоксидантів, зокрема аскорбінової кислоти, каротиноїдів, фенольних сполук та ферментативних антиоксидантів, у підтриманні окиснювального гомеостазу та їхній вплив на стабільність клітинних мембран під час зберігання. Розглянуто сучасні підходи до регулювання післязбирального метаболізму овочів, зокрема застосування біологічно активних речовин, модифікованих газових середовищ, а також фізичних або комбінованих методів обробки. Особливу увагу приділено стратегіям зниження втрат продукції, зумовлених окиснювальними пошкодженнями внаслідок дії низьких температур, механічних ушкоджень і мікробіологічного псування.

Крім того, вивчено питання подовження термінів холодильного зберігання пагонів спаржі та зменшення втрат продукції шляхом застосування комбінованих біополімерних покриттів антиоксидантної дії, а також раціональному використанню відходів товарної обробки спаржі для збагачення харчових продуктів. Показано, що покриття на основі альгінату натрію або хітозану сповільнюють дихання і транспірацію, зменшують втрати маси у 1,5–1,9 раза та підвищують вихід стандартної продукції. Встановлено оптимальну концентрацію

рутину 1%, яка забезпечує кращу збереженість кольору й тургору та вищий вміст пігментів: на кінець зберігання кількість хлорофілів була у 1,8–2,0 раза, а каротиноїдів — у 1,6–1,8 раза вищою порівняно з контролем. Комбіновані покриття 1% альгінат + 1% рутин (A+R) та 1% хітозан + 1% рутин (Ch+R) дозволили подовжити термін зберігання обох сортів на 7 діб. Найефективнішим визнано покриття Ch+R, яке забезпечило найвищу товарність і сенсорні показники навіть на 22 добу зберігання, відтермінувало пік інтенсивності дихання та вдвічі скоротило втрати маси незалежно від сорту. Досліджено вплив покриттів на збереження харчової цінності: вміст сухих розчинних речовин, цукрів, білків, пігментів, фенольних речовин і вітаміну С, а також активність поліфенолоксидази та аскорбатоксидази. Показано сортоспецифічність змін метаболітів, проте застосування Ch+R суттєво підвищувало збереженість ключових нутрієнтів упродовж перших 14 діб зберігання та підтримувало значно вищий рівень хлорофілів і каротиноїдів за подовженого зберігання. Окремий блок досліджень присвячено переробці відходів (базальних частин пагонів), які можуть становити до 50% урожаю. Підтверджено їх високий поліфенольний потенціал і отримано сублімаційно висушений порошок з високим вмістом мінеральних елементів та білка, що дозволяє розглядати його як цінну біодобавку. Експериментально обґрунтовано доцільність заміни до 10% спельтового борошна порошком спаржі в рецептурах хліба зі збереженням високих органолептичних показників; подано заявку на корисну модель. Практична реалізація технології Ch+R забезпечила подовження зберігання на 7 діб і економічний ефект: прибуток 80 400–97 300 грн/т при рентабельності 30,05–32,35%, що в середньому на 20% вище порівняно з контролем.

В темі 3.2 наведено результати досліджень щодо методики багатокритеріальної оцінки заморожених плодів вишні. Для забезпечення стабільної якості та збереження смакових і корисних властивостей вишні під час її переробки на цукати важливим технологічним рішенням є використання заморожених напівфабрикатів. Водночас якість кінцевого продукту безпосередньо залежить від контролю ключових показників замороженої сировини. Тому систематичний моніторинг таких параметрів є необхідним для гарантування відповідності сировини вимогам виробництва цукатів. Запропоновано методику багатокритеріальної оцінки заморожених плодів вишні. Розраховано цільові функції та сформовано ранжувальний ряд придатності замороженої сировини для виробництва цукатів. Представлено науково обґрунтований комплекс якісних параметрів функціонально-технологічних показників замороженої вишні, що забезпечує високий рівень якості кінцевого продукту. Вибір оптимального сорту плодової сировини з високими якісними показниками та мінімальними втратами здійснено шляхом порівняльної оцінки сортів за їх властивостями із застосуванням багатокритеріального методу на основі геометричної згортки критеріїв. Хімічні, фізичні і органолептичні критерії заморожених напівфабрикатів можуть змінюватися залежно від сортових особливостей вишні. Тому вибір оптимального сорту потребує комплексного підходу. Використання методу багатокритеріальної оптимізації дозволило встановити взаємозв'язки між якісними характеристиками плодів та їх

допустимими значеннями. Це дало змогу визначити сорт Гріот Мелітопольський як найкращу сировину для подальшої переробки на цукати. Застосування такого підходу забезпечує науково-обґрунтований вибір заморожених напівфабрикатів сортів вишні, що сприяє виробництву цукатів високої якості.

У ході виконання наукових досліджень за темою 3.3 обґрунтовано перспективність розвитку крафтових безалкогольних напоїв і соусів функціонального призначення на основі плодово-ягідної та рослинної сировини як джерела біологічно активних речовин. Встановлено доцільність використання дикорослої та культивованої плодово-ягідної сировини для підвищення біологічної цінності напоїв і формування їх функціональних властивостей. На основі аналізу науково-технічної літератури та експериментальних досліджень розроблено науково обґрунтовану методологію формування рецептур концентрованих крафтових чаїв і лимонадних концентратів із високим вмістом флавоноїдних сполук та антиоксидантною активністю, рекомендованих для використання у підприємствах ресторанного господарства. Експериментально визначено раціональні параметри технологічного процесу виробництва емульсійних соусів нового покоління з використанням білково-пектинового напівфабрикату; встановлено оптимальні співвідношення компонентів, що забезпечують високі емульгуючі та стабілізуючі властивості систем при вмісті олії до 60 %. За результатами реологічних досліджень обґрунтовано оптимальний вміст структуроутворювальних компонентів, за якого системи характеризуються в'язкопластичною поведінкою. Розроблено низькокалорійні та низькоглікемічні рецептури лимонадних концентратів із використанням стевіозиду та топінамбура, що дозволило знизити калорійність продукту у 2,35 раза та зменшити глікемічний індекс порівняно з традиційними рецептурами. Отримані результати підтверджують перспективність створення функціональних продуктів для широких верств населення, зокрема для осіб із порушеннями обміну речовин.

Проведені дослідження за темою 3.4 довели, що включення до раціону гусей вегетативних частин вівса та люцерни забезпечує суттєве підвищення якості м'яса під час тривалого заморожування завдяки збереженню функціонально-технологічних властивостей, покращенню амінокислотного та жирнокислотного складу, підвищенню вмісту антиоксидантів і пригніченню процесів пероксидного окиснення ліпідів. Така кормова модифікація сприяє кращій водоутримувальній здатності, стабільності білкових структур та формуванню м'яса з високими сенсорними й дієтичними характеристиками, що підтверджує доцільність використання природних фітокомпонентів як альтернативи синтетичним антиоксидантам у технології зберігання продукції водоплавної птиці.

Проведені за темою 3.5 теоретичні та експериментальні дослідження підтвердили доцільність застосування інноваційної технології виробництва вермутів із використанням спеціально підібраних композицій рослинних ароматичних інгредієнтів, що забезпечують оригінальний смако-ароматичний профіль напою. Розроблена пряно-ароматична суміш, оптимізована за складом, дозволила отримати вермут із дегустаційною оцінкою понад 8,4 бала. Встановлено технологічні параметри екстрагування, що забезпечують відсутність туйону та сприяють максимальному вилученню сухих речовин без небажаного розбавлення

виноматеріалу. Отримані результати формують наукове підґрунтя для створення якісних та безпечних вермутів з індивідуальними органолептичними характеристиками.

Гриби завдяки комплексу цінних харчових і функціональних властивостей набувають дедалі більшого значення у структурі раціону населення, орієнтованого на здорове та збалансоване харчування. В умовах зростання попиту на продукти з високою біологічною цінністю, природного походження та мінімальним ступенем переробки виробництво їстівних грибів і продуктів їх переробки демонструє стійку тенденцію до зростання. У межах дослідження за темою 3.6 вивчено морфологічні, технічні та хімічні показники врожаю і продуктів переробки їстівних грибів *Calocybe indica*, *Cyclocybe aegerita*, *Pleurotus citrinopileatus* та *Pleurotus pulmonarius*. Проведена кваліметрична оцінка післязбиральних характеристик штамів із вітчизняної колекції підтвердила високі перспективи їх промислового культивування. Встановлено, що привабливі органолептичні властивості плодових тіл, зокрема зовнішній вигляд і колір, можуть суттєво підвищити споживчу привабливість продукції. Запропонований сезонний підхід до культивування сприяє зниженню собівартості грибного врожаю, що позитивно впливає на формування доступної цінової політики та розширення споживчого ринку.

Експериментально доведено ефективність зберігання грибів шиїтаке за температури  $2 \pm 1$  °C із використанням полівінілхлоридної харчової плівки товщиною 7,5 мкм у поєднанні з вологопоглинаючими матеріалами. За таких умов термін зберігання грибів масою  $300 \pm 20$  г із збереженням задовільної споживчої якості становить до 35 діб, що є важливим практичним результатом для підприємств грибовництва та логістичних ланцюгів постачання.

Окремий блок досліджень присвячено вивченню біосинтезу грибного меланіну штамми *Xylaria polymorpha* в умовах поверхневого культивування. Встановлено значний діапазон продуктивності синтезу меланіну — від  $5,17 \pm 0,36$  до  $180,32 \pm 4,16$  мг/л, при цьому найбільш перспективними визначено штами ІБК 2729, 2736 і 2737. Ідентифікацію пігменту як меланіну підтверджено методами УФ-видимої спектроскопії та комбінаційного розсіювання, а також результатами фізико-хімічних тестів. Отримані результати відкривають перспективи використання грибного меланіну як природного біоактивного інгредієнта у харчових, фармацевтичних і біотехнологічних розробках, що підсилює актуальність проведених досліджень у контексті розвитку біоекономіки та сталих технологій.

Актуальність дослідження за темою 3.7 зумовлена необхідністю підвищення ефективності управління ресторанним бізнесом в умовах нестабільного бізнес-середовища в умовах війни в Україні, зростання конкуренції та цифровізації управлінських процесів. У результаті дослідження обґрунтовано цілісну систему управління ресторанним бізнесом, що інтегрує цілі розвитку, принципи, завдання, напрями, методи та інструменти управління з урахуванням дії економічних законів і впливу зовнішнього середовища. Визначено ключові чинники формування та розвитку ресторанного бізнесу, серед яких інноваційний трансфер, автоматизація управління, формалізація бізнес-процесів і забезпечення стійкого

економічного зростання. Доведено, що стійкість є базовим критерієм стратегічного розвитку підприємств ресторанного господарства, а впровадження lean-технологій розглянуто як ефективний інструмент підвищення гнучкості, продуктивності, конкурентоспроможності та оптимізації витрат при зростанні рівня задоволеності споживачів.

**Публікації.** За результатами наукових досліджень опубліковано 96 наукових робіт, з них 57 статей у наукових фахових виданнях, серед яких 34 статті включено до міжнародної наукометричної бази SCOPUS та Web of science і 6 статей – у виданнях, що включені до інших міжнародних наукометричних баз, 39 тез доповідей на наукових конференціях.

**Ключові слова:** *післязбиральний період, плодіві овочі, антиоксиданти, окиснювальний стрес, зберігання, біологічно активні речовини, фізичні методи обробки, холодове пошкодження, якість продукції, комбіновані обробки, спаржа, біополімерні покриття, хітозан, антиоксиданти, рутин, нові технології, біологічна цінність, відходи, збагачення харчових продуктів, функціонально-технологічні показники, сенсорний аналіз, вишня, Гріот Мелітопольський, безглютенові інгредієнти, безглютенові продукти, фенольні сполуки, топінамбур, еритритол, мед, лимонадні концентрати, функціональні напої, заморожені десерти, соєве молоко, люцерна, м'ясо гусей антиоксидантна активність, фітокомпоненти, вермут, екстрагування, хліб пшеничний, грибний фарш, плодіві тіла, грибний меланін, амінокислотний склад.*

## ЗМІСТ

Тема 3.1 Розроблення нових та вдосконалення існуючих технологій зберігання та консервування рослинної продукції.....	8
Тема 3.2 Вдосконалення технології виготовлення плодово-ягідної снекової продукції.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Тема 3.3 Розроблення технологій харчової і кулінарної продукції з функціональними властивостями.....	61
Тема 3.4 Удосконалення технології зберігання м'яса птиці із застосуванням природних фенольних сполук.....	89
Тема 3.5 Обґрунтування та розробка нових та вдосконалення існуючих технологій виготовлення плодово-ягідних і виноградних алкогольних напоїв.....	105
Тема 3.6 Обґрунтування інноваційних технологій виробництва функціональних продуктів на основі грибною сировини.....	126
Тема 3.7 Шляхи підвищення якості товарів та послуг харчової індустрії та сфери обслуговування.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

### **Тема 3.1 Розроблення нових та вдосконалення існуючих технологій зберігання та консервування рослинної продукції**

**Керівник теми:** Прісс О.П.

**Виконавці:** Сердюк М. Є.  
Іванова І. Є.  
Булгаков П.О.  
Зарецька Д. К.  
Демидова А.О.  
Яковер О.І.

**Реферат.** Тривале та ефективне зберігання овочевої продукції є складним завданням, оскільки багато овочів мають короткий виробничо-маркетинговий цикл та швидко псуються. Добре функціонуюча антиоксидантна система є важливою для збереження якості овочів під час зберігання та запобігання післязбиральним розладам. Використання їстівних покриттів з властивостями антиоксидантів є ефективною стратегією для підтримання якості овочів протягом зберігання. Однак важливо враховувати, що високі дози антиоксидантів можуть мати токсичний ефект, і їх ефективність може залежати від концентрації та виду овочів. Для підсилення потужності ендогенної антиоксидантної системи важливо встановлювати концентрації екзогенних антиоксидантів, що корелюють з ендогенним пулом антиоксидантів у рослинних тканинах, забезпечуючи підтримку антиоксидантного статусу та збереження якості овочів під час післязбирального періоду. Для оцінки антиоксидантного статусу нами запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій (MAI). Головним недоліком MAI можна вважати суб'єктивність оціночних суджень. Суб'єктивізм оцінювання можна усунути спираючись на відомості експериментального чи аналітичного характеру про кількісні показники хімічного складу, їх кореляційні зв'язки між компонентами антиоксидантної системи та з маркерами окисного стресу. Наведена методика інтегрального оцінювання антиоксидантного статусу овочів методом аналізу ієрархій. Розраховано інтегральну оцінку спаржі трьох різних за забарвленням сортів спаржі. Запропоновано концентрацію антиоксидантів у складі їстівних покриттів регулювати відповідно до встановленого антиоксидантного статусу овочів. Такий підхід може гарантувати запобігання втрат продукції при подовженому терміні зберігання.

#### **Мета дослідження**

Мета досліджень полягала в розробленні та дослідженні методів попередження псування плодово-овочевої продукції.

*Об'єкт досліджень* – плодово-овочева продукція.

*Предмет досліджень* – аналіз якісних показників плодово-овочевої продукції.

### Матеріали та методи дослідження

Для математичної оцінки антиоксидантного статусу плодів овочів в попередніх роботах (Priss et al., 2014) нами запропоновано використовувати Метод аналізу ієрархій (МАІ), розроблений Т. Saaty (Saaty, 2008). Метод аналізу ієрархій широко використовується в управлінні проектами, прийнятті рішень, стратегічному плануванні та інших областях. Він дозволяє систематизувати і узгоджувати різні аспекти при прийнятті рішень та визначати їх важливість в ієрархічній структурі.

Головним недоліком МАІ можна вважати суб'єктивність оціночних суджень. Безперечною перевагою МАІ є те, що метод дозволяє врахувати різницю в одиницях вимірювань компонентів антиоксидантної системи і такий метод можна використати для порівняння і оцінки антиоксидантного статусу будь якого виду продукції. Суб'єктивізм оцінювання можна усунути спираючись на відомості експериментального чи аналітичного характеру про кількісні показники хімічного складу.

Основна ідея МАІ полягає в розбитті складного рішення на менші, більш керовані етапи. Процес включає в себе наступні стадії:

1. Створення ієрархії: Розбиття проблеми на рівні критеріїв та альтернативних варіантів, щоб утворити ієрархічну структуру.

2. Парний порівняльний аналіз: Оцінка важливості кожного елемента ієрархії шляхом парних порівнянь. Зазвичай використовується матриця парних порівнянь для отримання числових значень важливості.

3. Розрахунок важливості елементів: За допомогою математичних операцій, таких як узагальнені власні значення, розраховується важливість кожного елемента.

4. Синтез рішення: Обчислені важливості використовуються для прийняття рішення та порівняння альтернативних варіантів.

5. Чутливість до змін: Оцінка впливу змін вихідних даних або прийнятих рішень на кінцевий результат.

Для представлення результатів оцінок у кількісному виразі, Saaty вводить шкалу парних порівнянь (табл. 3.1.1).

Таблиця 3.1.1

#### Шкала парних порівнянь Т. Сааті

Відносна важливість (бали)	Визначення	Пояснення
1	однакова важливість	обидва елементи вносять однаковий вклад
3	один елемент трохи важливіший за інший	досвід дозволяє поставити один елемент трохи вище за другий
5	суттєва перевага	досвід дозволяє встановити безумовну перевагу одного над іншим
7	значна перевага	один елемент настільки важливіший за інший, що є практично значимим
9	абсолютна перевага одного над іншим	очевидність переваги підтверджується більшістю випадків
2, 4, 6, 8	проміжні оцінки між сусідніми твердженнями	компромісне рішення

обернені величини чисел, наведених вище	якщо при порівнянні одного елемента з іншим, отримане одне з вищевказаних чисел (1-9), то при порівнянні другого з першим, матимемо обернену величину	-
-----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Згідно з цією шкалою, різниця в одиницях вимірювань значення не має. За шкалою передбачається попарне порівняння вагомості (важливості) кожного елемента з вагомістю інших елементів множини, яке здійснюється з використанням експертних суджень, що кількісно оцінюються.

У дослідженнях ми оцінювали АОС спаржі трьох різних за забарвленням сортів (зелена Prius, зелено-фіолетова Rosalie та фіолетова Erasmus). Експериментальні дані біохімічного складу отримані нами в одних і тих же лабораторних умовах та усереднені (табл. 3.1.2).

Таблиця 3.1.2

### Вміст окремих антиоксидантів у спаржі

Антиоксиданти	Prius	Rosalie	Erasmus
AA, мг×100г <sup>-1</sup>	18.04	22.68	13.64
TPC, мг×100г <sup>-1</sup>	93.90	94.15	98.82
CAR, мг×100г <sup>-1</sup>	3.76	4.39	4.12
SAC, г×100г <sup>-1</sup>	2.63	2.89	2.95
SOD, % інгібування автоокислення адреналіну	108.55	101.26	119.32
CAT, ммоль Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> × г <sup>-1</sup> ×хв <sup>-1</sup>	43.27	59.83	62.13
POD, ммольН <sub>2</sub> О <sub>2</sub> × г <sup>-1</sup> ×хв <sup>-1</sup>	59.94	24.62	68.97

*Примітка.* AA- аскорбінова кислота; TPC-сума фенольних сполук; CAR- сума каротиноїдів, SAC –загальний вміст цукрів; SOD- активність супероксиддисмутази; CAT- активність каталази; POD- активність пероксидази.

Плоди черешні та вишні були відібрані для дослідження у споживчій стиглості в умовах садівничих господарств півдня Степової зони України (46°46'N, 35°17'E). Для подовження строків зберігання плодової сировини і збереження її якості були досліджені способи і режими попереднього охолодження плодів черешні і вишні. У якості модельних сортів були використані плоди черешні різних строків досягання Валерій Чкалов (ранній), Мелітопольська чорна (середній), Крупноплідна (пізній) і сорт вишні Встреча.

Якість плодів відповідала вимогам національного стандарту України. Відразу після збирання плоди пакували насипом у пластикові ящики (розмір тари 600×400×116 мм) по 10 кг в кожному. Дослідження фізіологічних і мікробіологічних показників проводили у лабораторіях Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь).

Попереднє охолодження плодів проводили безпосередньо після їх збирання такими способами: пасивним повітряним способом (ППС), інтенсивним повітряними способами (ІПС), гідроохолодженням (ГО) і комбінованим способом (КС).

Умови способів попереднього охолодження представлені такими варіантами:  
*Варіант 1.* Охолодження плодів пасивним повітряним способом.

Попереднє охолодження плодів проводили повітрям із швидкістю руху 0,5 м/с (кратність повітрообміну 30 об'ємів за годину). Температура у камерах зберігання охолоджених вантажі становила  $5\pm 1^\circ\text{C}$ . Відносна вологість повітря -  $90\pm 1\%$ .

*Варіант 2.* Охолодження плодів інтенсивним повітряним способом.

Попереднє охолодження плодів проводили холодним повітрям із швидкістю руху 3.0 м/с (кратність повітрообміну 90 об'ємів за годину). Температура у камерах інтенсивного охолодження становила  $0\pm 1^\circ\text{C}$ . Відносна вологість повітря була  $90\pm 1\%$ .

*Варіант 3.* Гідроохолодження плодів.

Охолодження здійснювали в стаціонарному палетному гідрокулері MAS-НС-2000-PAL-ST з продуктивністю 2 т/год. Охолодження виконували льодяною водою ( $1,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) з додаванням молочної і оцтової кислот у концентрації 2.16 і 1.71 % по об'єму відповідно.

*Варіант 4.* Комбінований спосіб охолодження плодів

Попереднє охолодження плодів проводили у два етапи.

Етап 1. Плоди охолоджували льодяною водою ( $1,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) з додаванням молочної і оцтової кислот (концентрації кислот такі самі як і при гідроохолодженні) протягом  $10\pm 2$  хв до температури всередині плоду  $4,0\pm 1^\circ\text{C}$ .

Етап 2. Доохолодження плодів проводили у камерах інтенсивного охолодження холодним повітрям із швидкістю руху 3.0 м/с (кратність повітрообміну 90 об'ємів за годину) протягом  $30\pm 2$  хв до температури  $2,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Температура у камерах інтенсивного охолодження становила  $0\pm 1^\circ\text{C}$ . Відносна вологість повітря була  $90\pm 1\%$ . Загальна тривалість попереднього охолодження плодів комбінованим способом до температури  $2,0\pm 0,5^\circ\text{C}$  становила  $40\pm 2$  хв.

Повторність кожного варіанту п'ятиразова. Розмір повторності – один ящик.

Охолодження плодів виконували до температури всередині плоду (біля кісточки)  $2,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Вимірювання температури всередині плоду проводили цифровим термометром ТМ-902 СР з термопарою К-типу. Діапазон вимірювання термометра від мінус  $50^\circ\text{C}$  до  $1300^\circ\text{C}$ , дискретність –  $0,1^\circ\text{C}$  у діапазоні температур мінус  $50\dots 200^\circ\text{C}$ .

Охоложені плоди зберігали при температурі  $1,5\pm 0,5^\circ\text{C}$  та вологості  $93\pm 1\%$  протягом 30 діб.

Інтенсивність дихання визначали за кількістю виділеного вуглекислого газу та поглинанні його розчином лугу (Wang and Fan, 2019).

Природну втрату маси визначали зважуванням фіксованих зразків протягом усього часу зберігання.

Швидкість процесу попереднього охолодження визначали за формулою 1:

$$\vartheta = \tan \alpha = \frac{\Delta t}{\Delta \tau}, \quad (3.1)$$

де  $\vartheta$  – швидкість процесу попереднього охолодження,  $^\circ\text{C}/\text{хв}$ ,

$\tan \alpha$  – тангенс кута нахилу прямої, або перша похідна рівняння  $t = a\tau + b$ ,

$\Delta t$  – різниця між початковою та кінцевою температурами об'єкта охолодження, °C,

$\Delta t$  – різниця часу, хв.

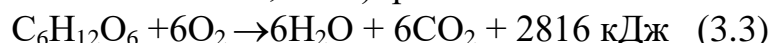
Інтенсивність тепловиділення плодів при диханні визначали за формулою 2:

$$Q = q_s RI \quad (3.2)$$

де  $q_s$  – питома теплота дихання (Specific heat of respiration);

$RI$  – інтенсивність дихання плодів, мг  $CO_2$ /кг за год.

Питому теплоту дихання визначали розрахунковим шляхом ґрунтуючись на експериментально отриманих даних кількості вуглекислого газу виділеного плодами при диханні. Процес аеробного дихання для плодів спрощено може бути описаний (Castellanos and Herrera, 2015) рівнянням 3:



Оскільки молекулярна маса  $CO_2$  становить 44, то відповідно до рівняння процесу дихання буде виділятися  $44 \times 6 = 264$  г  $CO_2$ . Таким чином, на 264 г  $CO_2$  виділиться 2816 кДж тепла, а при виділенні 1 г  $CO_2$  виділиться 10,67 кДж тепла. Отже, питома теплота дихання  $q_s$  буде дорівнювати 10,67 кДж на 1 г.

Загальну кількість бактерій та плісневих грибів визначали методом кількісного обліку колоній на твердих живильних агарових середовищах. Для культивування бактерій як середовище використовували гідролізоване рибне борошно. Для дослідження кількості плісневих колоній використовували середовище наступної рецептури: агар-агар – 20 г, пептон – 2 г, екстракт мальтози – 20 г, вода – 1 літр. Після стерилізації додавали 1 г цефтріаксону в середовище з температурою 45 °C. Чашки Петрі у трикратному повторенні з кожного варіанту для визначення плісневих грибів поміщали у термостаті за температури 24 °C на 72 год., для визначення бактеріальних колоній за температури 36 °C впродовж 24 год. Визначали загальну кількість колоній, облік змін у живильному середовищі та морфологічні ознаки. Мікроскопію плісневих грибів проводили методами роздавленої і висячої краплі за збільшення у 150 та 600 разів, мікрофотографії робили за допомогою світлового мікроскопу Granum 3002 та фотокамери DCM 130E.

### Результати дослідження та їх обговорення

#### 1. Біохімічні процеси у післязбиральному метаболізмі

Після збирання плодів овочі продовжують свій життєвий цикл, підтримуючи активний метаболізм. Однак, притоку асимілятів, води та фітогормонів від материнської рослини вже немає, тож вони використовують запасені раніше органічні сполуки. Основними метаболічними процесами є дихання, продукування етилену та окислювальні реакції, що безпосередньо впливають на якість, термін зберігання та стійкість до стресових факторів. Дихання — це ключовий процес, під час якого органічні речовини (головним чином кислоти і цукри) окислюються з утворенням енергії, необхідної для підтримки життєдіяльності клітин. Після збирання інтенсивність дихання часто зростає, що призводить до швидшого виснаження запасів поживних речовин, втрати маси та прискореного старіння продукції. Особливо це характерно для овочів з високим вмістом вологи та тонкою шкіркою, таких як помідори, огірки,

перець, баклажани. Частина плодів овочів (томати, баклажани) є клімактеричними. Це означає, що вони характеризуються різким (клімактеричним) сплеском дихальної активності, інтенсивним синтезом етилену та мають здатність до післязбирального дозрівання. Етилен — це фітогормон, який активізує дихання, регулює процеси дозрівання та старіння. При зберіганні томатів в умовах охолодження інтенсивність дихання гальмується внаслідок охолодження. Приблизно через 5 діб зберігання відбувається підвищення інтенсивності дихання. Далі (20 діб) відбувається клімактеричний підйом, а потім спостерігається згасання респіраторної активності та переважають процеси перезрівання, на що вказує погіршення якості плодів (Priss et al., 2017). Рівень виділення CO<sub>2</sub> та час настання клімактериксу відрізняється залежно від сорту чи гібриду томатів та абіотичних факторів вирощування. Клімактерій супроводжується фізіологічними змінами, такими як пом'якшення тканин, зміна кольору та розвиток аромату, що робить плоди привабливими для споживання. Проте, після настання клімактерію, плоди швидко втрачають свої властивості і деградують. Тож, відтермінування настання клімактерію якомога пізніше веде і до подовження термінів зберігання в цілому. Неклімактеричні плодів овочі (перець, огірки, кабачки) не демонструють різкого сплеску дихальної активності і характеризуються низькими рівнями ендogenous етилену. У неклімактеричних овочах етилен взаємодіє з іншими фітогормонами, такими як абсцизова кислота (АВА) та ауксини, що впливають на процеси дозрівання та старіння. Ці взаємодії можуть модулювати чутливість тканин до етилену та впливати на якість продукції під час зберігання. Встановлено, що післязбиральний рівень дихання неклімактеричних плодів овочів тісно корелює з погодними умовами передзбирального періоду (Priss, 2015b; Priss et al., 2017). Неклімактеричні овочі не мають властивості дозрівати у післязбиральний період і поступово деградують при зберіганні. При зниженні температури зберігання швидкість метаболічних відповідно сповільнюється.

Під час зберігання в клітинах плодів овочів накопичуються активні форми кисню (ROS), які можуть пошкоджувати мембрани, білки та нуклеїнові кислоти. Це явище відоме як окислювальний стрес. Для нейтралізації АФК рослини використовують ендogenous антиоксидантні системи, що включають ферменти (супероксиддисмутаза (SOD), каталаза (CAT), пероксидаза (POD)) та низькомолекулярні сполуки (аскорбінова кислота (AA), глутатіон, фенольні сполуки, каротиноїди) (Priss & Glowacki, 2024). Ферментна та неферментна антиоксидантна системи спільно нейтралізують активні форми кисню, зберігаючи якість плодів. Їх активність залежить від виду овочу, сорту та умов зберігання. Наприклад, томати багаті на лікопен і аскорбінову кислоту, гарбуз — на β-каротин і фенольні сполуки, перець — на аскорбінову кислоту та пероксидазу (табл. 3.1.3).

Таблиця 3.1.3

## Плодові овочі та компоненти їх антиоксидантного захисту\*

Плодові овочеві культури	Ключові антиоксидантні сполуки та ферменти	Особливості післязбиральної дії
Томат ( <i>Solanum lycopersicum</i> )	Лікопін, АК, СОД, ПОД, поліфеноли, флавоноїди	Зниження вмісту АК до 50 %. СОД активується у відповідь на механічні пошкодження або перезрівання плодів.
Солодкий перець ( <i>Capsicum annuum</i> )	Аскорбінова кислота, каротиноїди (капсантин, капсорубін), СОД, КАТ, фенольні сполуки	Зменшення вмісту АК під час зберігання; підвищення активності ПОД і СОД за умов холодного стресу.
Баклажан ( <i>Solanum melongena</i> )	Хлорогенова кислота, антоціани, ПОД, КАТ	Високий вміст фенольних сполук, який зростає за механічного стресу.
Кабачок ( <i>Cucurbita pepo</i> )	Аскорбінова кислота, поліфеноли, СОД, КАТ, флавоноїди	Активізація фенольних сполук і підвищення антиоксидантної активності за умов низьких температур.
Огірок ( <i>Cucumis sativus</i> )	Аскорбінова кислота, ПОД, флавоноїди	Зменшення вмісту АК під час зберігання; активація синтезу флавоноїдів у відповідь на холодний та механічний стрес.
Гарбуз ( <i>Cucurbita maxima, C. moschata</i> )	Каротиноїди ( $\beta$ -каротин, лютеїн), СОД, КАТ, поліфеноли	Помірне зниження вмісту АК і каротиноїдів під час зберігання; активність СОД зростає у відповідь на окиснювальний стрес, пов'язаний зі зберіганням.
Кавун ( <i>Citrullus lanatus</i> )	Лікопін, аскорбінова кислота, $\beta$ -каротин, СОД, КАТ, фенольні сполуки	Зменшення вмісту АК і лікопіну під час зберігання; активність СОД і КАТ знижується у процесі старіння.
Диня ( <i>Cucumis melo</i> )	Аскорбінова кислота, каротиноїди ( $\beta$ -каротин), фенольні кислоти, флавоноїди, СОД, КАТ	Поступове зниження вмісту аскорбінової кислоти й каротиноїдів під час зберігання; активність антиоксидантних ферментів (СОД, КАТ) зменшується зі старінням.

\* Таблицю складено на основі даних (Ali et al., 2020; Hallmann & Rembiałkowska, 2012; Liu et al., 2021; Martínez et al., 2021; Naz et al., 2014; Priss & Kalitka, 2015).

Зниження або коливання температури, вологості, зміни атмосфери зберігання, післязбиральні обробки здатні як активувати, так і пригнічувати ці

захисні системи. Коли в клітині порушується утворення речовин, необхідних для підтримання нормального гомеостазу, її здатність стримувати ROS працює лише певний час. У міру старіння клітини ці сполуки починають накопичуватися, а захисна система виснажується. Це викликає порушення метаболізму і зрештою призводить до загибелі клітини.

Біохімічні процеси, що протікають в овочах при зберіганні тісно пов'язані не тільки з фізіологічними процесами (дихання), а й з фізичними (транспірація вологи). Після збирання плодів овочі продовжують втрачати вологу через транспірацію, що призводить до зниження тургору клітин, в'янення та зморщування поверхні. Зневоднення призводить до зниження активності ферментів, гальмування дихання, синтезу білків та інших метаболічних процесів. Це своєрідна захисна реакція організму, яка дозволяє зберегти клітинну структуру у несприятливих умовах. З іншого боку, стрес від втрати вологи може активізувати певні ферменти (наприклад, ті, що пов'язані зі старінням або окисленням тканин). Втрати від транспірації є другими за значимістю після перезрівання, під час зберігання фізіологічно недозрілих овочів, таких як огірки, кабачки, баклажани. Втрата вологи негативно впливає на зовнішній вигляд та споживчі властивості продукції. Швидкість втрати вологи залежить від умов зберігання, зокрема температури та відносної вологості повітря. Зниження температури середовища дозволяє суттєво сповільнити транспірацію, що є важливим фактором збереження товарного вигляду та маси продукції.

Проте разом з користю, яку дає зниження температури для обмеження транспірації та пригнічення метаболізму, існує і ризик негативного впливу холоду, особливо для культур тропічного та субтропічного походження. Таке зниження температури може призвести до розвитку комплексу метаболічних розладів, які погіршують якість продукції.

## 2. Метаболічні розлади викликані впливом холоду.

Для плодоовочевої продукції, що має тропічне і субтропічне походження, холодильне зберігання призводить до розвитку комплексу метаболічних розладів, які негативно впливають на якість. Весь набір цих змін відомий як холодове пошкодження (ХП) Chilling Injury (CI). Плоди, чутливі до ХП, часто мають короткий термін зберігання, оскільки для затримки старіння і розвитку патогенних мікроорганізмів не можуть бути використані низькі температури. Термін зберігання чутливої до охолодження продукції збільшується з пониженням температури зберігання до певної точки, яку називають критичною температурою охолодження. Для субтропічних видів рослин це близько 8 °С, для тропічних — близько 12 °С. Орієнтовні критичні температури, при яких у плодів овочів починають з'являтися ознаки пошкодження холодом наведені у табл 3.1.4.

Чутливість до ХП сильно залежить від тривалості впливу субоптимальної температури, сорту, умов вегетації, стадії розвитку плоду і середовища зберігання.

Симптоми холодового ушкодження варіюють залежно від виду продукції. Деякі загальні симптоми для тропічних культур виявляються у появі виразок, зміні кольору, ослизненні, внутрішньому розпаді, нездатності достигати, втраті смаку та аромату і загниванні. Цятки, круглі або неправильної форми виїмки на поверхні плоду, а також нерівномірне забарвлення є найбільш поширеною формою

ушкодження холодом і першим симптомом багатьох овочів (у т.ч. огірків, кабачків солодкого перцю, томатів) (рис. 3.1.1).

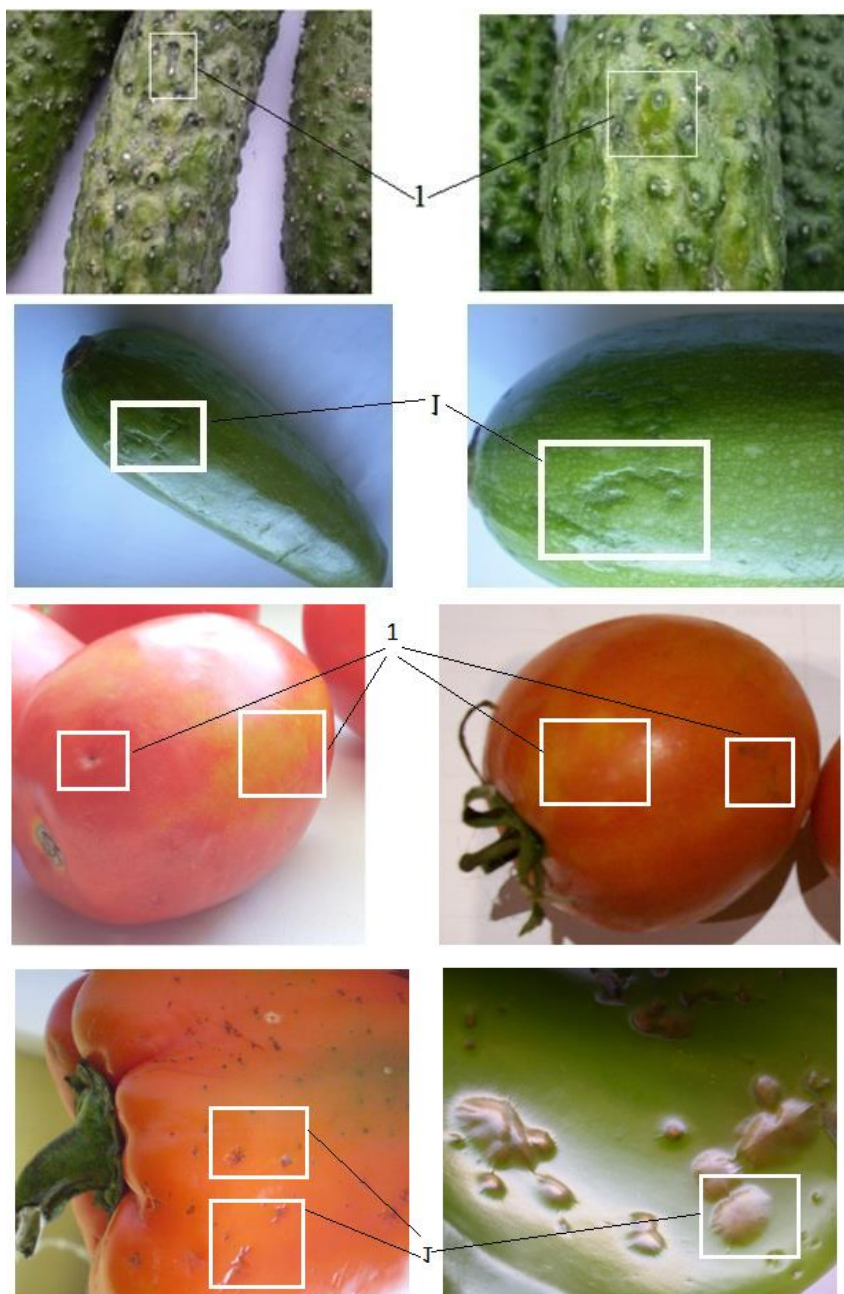
Таблиця 3.1.4

**Холодова чутливість плодів овочів\***

Культура		Порогова температура холодого пошкодження, °С	Орієнтовний час появи симптомів холодого пошкодження, днів
Огірок		≤10	2–3
Кабачок		≤5	2–3
Диня		≤7	4–7
Кавун		≤10	5–10
Гарбуз		≤10	14–28
Солодкий перець		≤7	4–10
Баклажан		≤10	2–5
Томати	зелені	≤12	4–7
	молочні	≤13	3–5
	рожеві	≤10	7–10
	червоні	≤7	10–14

\* Таблицю складено на основі даних (Aghdam & Vodbodak, 2014; Wang, 2012)

На мікрорівні симптоми ХП схожі у всіх рослинних організмів. Ці симптоми включають набряк і дезорганізацію мітохондрій і хлоропластів, де відбуваються розширення тилакоїдів і розгрупування гран, зменшення розмірів і кількості гранул крохмалю, накопичення ліпідних крапель всередині мітохондрій та конденсація ядрового хроматину (Lukatkin et al., 2012). Першою фізіологічною реакцією на низькотемпературний вплив є зміни у конформації і структурі клітинної мембрани. Через зниження розчинності і деполімеризацію пектинів істотно змінюється проникність клітинних стінок. Найбільше значення мають зміни в ліпідному комплексі мембран, які аналогічні змінам під час старіння. Ці зміни полягають у переокисненні ліпідів, збільшенні індексу насиченості жирних кислот, деградації фосфоліпідів і галактоліпідів і збільшенні співвідношенні стерини/фосфоліпіди.



**Рис. 3.1.1. Симптоми пошкодження холодом у різних овочів; 1 – ділянка з холодовими пошкодженнями.**

Якщо термін зберігання при низькій температурі занадто довгий, то клітинна мембрана втрачає пружність, розривається, в результаті чого витікає вода, іони і клітинні метаболіти. Як наслідок, виникає каскад вторинних реакцій, наприклад, втрати тургору, витік електролітів, втрати метаболічної енергії, дезінтеграція систем фотосинтезу і, нарешті, лізис клітин. За тривалої дії низьких температур, відновлення первинної організації стає неможливим при отепленні продукції. А ознаки ХП стають більш очевидними, коли овочі поміщають у кімнатну температуру.

Крім безпосереднього впливу низьких температур на молекулярну організацію мембранних ліпідів, цілісність самої мембрани порушується через окиснення. Адже низькотемпературний стрес супроводжується генеруванням високих рівнів АФК. Надмірна кількість АФК утворюється в хлоропластах, які

приймають участь у реакціях фотосинтезу та мають надлишок кисню. Іншим джерелом АФК є активація НАДФН-оксидаз, локалізованих в мембранах клітин, яка тягне за собою масове продукування супероксид аніону. Це також призводить до перекисного окиснення мембранних ліпідів. Окиснювальний стрес стимулюється інгібуванням активності антиоксидантних ферментів, відповідальних за видалення АФК. Загалом, дослідники підтримують думку, що провідна роль у індукції холодового пошкодження належить окиснювальному стресу.

#### 4. Фізичні методи регуляції післязбирального метаболізму.

Існують різні післязбиральні технології для затримки розвитку ХП при зберіганні чутливої продукції. Деякі з цих технологій мають фізичну природу і складаються в основному зі зміни температури, відносної вологості або газового складу атмосфери при зберіганні фруктів і овочів. Однак, зберігання в контрольованій атмосфері залежно від виду продукції може бути корисним, неефективним чи навіть шкідливим в зниженні холодового пошкодження. Зберігання в регульованому газовому середовищі має переваги для кабачків, не впливає на томати та посилює симптоми переохолодження в огірках і солодкому перці (Wang, 2012). Відомо, що використання Модифіковане газове середовище може ефективно зменшувати симптоми холодового пошкодження у томатів та цукіні, особливо при правильному поєднанні температури, концентрації кисню та стадії зрілості плодів. Попередня обробка 10% CO<sub>2</sub> протягом 24 годин у поєднанні з модифікованим газовим середовищем зменшує симптоми ХП у солодкого перцю, включаючи потемніння чашечки та втрату пружності (Afolabi et al., 2023). З огляду на принципи екологізації виробництва, використання плівкових матеріалів котрі застосовуються для створення модифікованої атмосфери має суттєві перестороги для застосування.

Окремі дослідження доводять, що опромінення плодів ультрафіолетом (УФ) може знижувати чутливість холоду через стимулювання захисні механізми, включаючи підвищення активності антиоксидантних ферментів. Обробка УФ індукує утворення фенольних сполук і флавоноїдів, що допомагає боротися з окислювальним стресом і може подовжувати термін зберігання за рахунок зміцнення клітинних структур і покращення імунної відповіді. Відомо, що обробка УФ випромінюванням підвищує резистентність до холоду томатів. Нещодавні дослідження доводять що, опромінення плодів цукіні УФ випромінюванням підвищує стійкість до охолодження, викликаючи збільшення накопичення флавоноїдів та антиоксидантної здатності, і таким чином зменшуючи оксидативний стрес, що виникає під час зберігання плодів за низької температури (Tossi et al., 2024).

Найбільш часто на промисловому рівні використовується кондиціонування при помірній температурі, попередні теплові обробки при високих температурах чи переривання холодильного зберігання на тимчасове отеплення продукції (одноразово чи періодично). Цей підхід відповідає вимогам Європейського зеленого курсу. Позитивний вплив теплових процедур пов'язаний з утворенням і захисною дією білків теплового шоку (БТШ) Heat shock proteins (HSPs). БТШ приймають участь у регуляції утворення АФК, захисті компартментів клітини від

окиснювального стресу. Термотолерантність, індукована тепловим стресом, може дати захист і проти холодового стресу. Післязбиральна теплова обробка *postharvest heat treatments*, також змінює нормальну програму синтезу білка і клітинний метаболізм. Під дією теплового стресу, відбувається швидка дисоціація полірибосом і синтез білка зупиняється на короткий час. Потім відновлюється з новим набором білків, включаючи БТШ. Наслідком є те, що нормальні процеси дозрівання блокуються, і, якщо продукт зберігається при низькій температурі, інгібування зберігається протягом деякого часу. Таким чином, післязбиральні теплові обробки можуть не тільки затримувати розвиток холодового пошкодження, а й модулювати швидкість дозрівання і старіння продукції (Lurie & Pedreschi, 2014).

Процедури теплового кондиціонування здійснюють в гарячому повітрі з діапазоном температур від 30 °C до 40 °C, тривалістю починаючи від декількох годин до декількох днів. Більш високі температури використовують з метою інсектицидної та фунгіцидної дії. У виробничих умовах найчастіше застосовують занурення та ополіскування гарячою водою *hot water dipping (HWD)* and *hot water rinsing and brushing (HWRB)* чи зрошування (Jayasundara et al., 2024). Термообробка також прямо впливає на скорочення кількості патогенних мікроорганізмів, знищення або інактивацію спорових форм. Температура і тривалість впливу можуть коливатися в значних межах (від 33 °C протягом днів до 63 °C протягом секунд), і, як правило, визначається для конкретної культури та певної мети дослідним шляхом (табл.3.1.5).

У плодів та овочів, що мають зелене забарвлення високі температури можуть викликати пожовтіння. Це пояснюють активацією хлорофілази, що веде до деградації хлорофілів. Тому для огірків, цукіні рекомендують теплові обробки при температурах, що не перевищують 45 °C.

Загалом, вплив ТО плодів та овочів пом'якшує вплив холоду через такі фактори (Aghdam & Vodobodak, 2014):

- підвищення цілісності мембрани зі збільшенням співвідношення ненасичених жирних кислот до насичених жирних кислот;
- посилення експресії гена білків теплового шоку та їх накопичення;
- підвищення антиоксидантної активності системи;
- посилення шляхів синтезу аргініну, які ведуть до накопичення сигнальних молекул (поліаміни, оксид азоту та пролін) відповідальних за поліпшення холодової толерантності;
- зміна в активності ферментів фенілаланінаміакліази і поліфенолоксидази;
- посилення метаболізму вуглеводів.

Таблиця 3.1.5

## Режими післязбиральної теплової обробки плодів овочів

Метод обробки	Температура, °C	Тривалість	Цільове застосування	культура
Гаряче повітря (кондиціонування)	35–39	12–72 год	Зменшення симптомів холодового пошкодження, затримка дозрівання	Томат, баклажан, перець
HWD	42–50	3–10 min	зменшення холодового пошкодження Контроль грибкових патогенів,	Баклажан, перець, огірки
	45	15 min	Зменшення пошкодження холодом	Томати
	55	1 min	prolonged storage life Reduced Fusarium disease and fruit decay Improved fruit quality	Диня
HWRB	59 °C	15 s	Контроль грибкових патогенів, Improved fruit quality	Melon
	54 °C	15 s	Контроль грибкових патогенів, Improved fruit quality	гарбуз
	55 °C	12 s.	maintaining fruit quality after prolonged storage	перець
	52 °C	15 s	Підвищення толерантності до холоду, збереження якості під час зберігання	red tomatoe
Парова обробка	50–55 °C	5–15 min	Зменшення втрат води, контроль патогенів	Томат, перець
Комбіноване кондиціонування + охолодження	38 °C → 12 °C	24 год + зберігання	Підвищення толерантності до холоду, збереження якості під час зберігання	Томат, баклажан

\* Таблицю складено на основі даних (Aghdam & Vodbodak, 2014; Fallik et al., 2021; Jayasundara et al., 2024; Kantakhoo et al., 2022; Lurie & Pedreschi, 2014; Priss, 2015b, 2015a; Priss & Kalitka, 2015)

5. Регуляція післязбирального метаболізму обробкою біологічно активними речовинами.

Одним з ефективних підходів до контролю метаболізму і посилення толерантності до впливу холоду є використання біологічно активних речовин (БАР), які можуть модулювати фізіологічний стан продукції, знижувати інтенсивність обміну речовин, стабілізувати клітинні структури та посилювати антиоксидантний захист.

Біорегуляція через фітогормони. Фітогормони (такі як ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизова кислота, етилен та ін.) - це природні речовини, які виробляються в рослинах та регулюють їх ріст, розвиток та реакції на стресові чинники. Дослідники (Chen & Yang, 2013) вивчали синтетичний цитокінін

першого покоління – 6-бензіламінопурін (6-BA), також відомий як бензил аденін або БАТ, що посилює ріст та розвиток рослин, цвітіння, плодоношення як засіб для післязбиральної обробки огірків від ХП. Вони встановили, що екзогенний 6-BA дозволяє плодам підтримувати більш високий рівень хлорофілу, аскорбінової кислоти, фенольних речовин і загальну антиоксидантну здатність. Крім того, така обробка збільшує активність супероксиддисмутази, каталази, аскорбатпероксидази і глутатіон-редуктази при холодовому стресі. Результати доводять, що 6-BA полегшує симптоми ХП в огірках шляхом підвищення активності антиоксидантних ферментів і загальної антиоксидантної активності. Цитокініни також виявляють ефективність для зниження чутливості до холоду кабачків (Tossi et al., 2024). Для послаблення симптомів переохолодження пропонували обробку фітогормонами метилжасмонатом і метилсаліцилатом. Обробка метилжасмонатом зменшує ХП в цукіні (Tossi et al., 2024). Однак, результати досліджень (Kehr, 2002) заперечують ефективність метилжасмонату для зменшення симптомів ХП перцю. Саліцилова кислота, мелатонін, та брассиностероїди демонструють здатність зміцнювати антиоксидантну систему плоду, підвищувати активність SOD, CAT та POD, що сприяє адаптації до низьких температур і обмежує розвиток ХП.

Крім того, регулювати післязбиральний метаболізм можна впливаючи на фітогормони плодів. Ретарданти, етиленові інгібітори широко використовуються для контролю процесів дозрівання та старіння. Наприклад, 1-метилциклопропен (1-MCP), інгібітор рецепторів етилену, ефективно знижує чутливість тканин до етилену, затримує розм'якшення плодів, сповільнює втрату хлорофілу та продовжує термін зберігання овочів, зокрема цукіні, томатів і баклажанів, але не впливає на пошкодження холодом перцю (Kehr, 2002). Швидше за все, використання 1-метилциклопропену лише пом'якшує симптоми ХП та потребує застосування додаткових заходів захисту від впливу низьких температур. За обробки рослин регуляторами росту, які індукують холодову толерантність, плоди при зберіганні загалом також менш чутливі до переохолодження. Використання фітогормонів стимулює продукування ендогенних антиоксидантів. Але доповнити антиоксидантний захист тканин можливо і використовуючи екзогенні БАР антиоксидантної дії.

Антиоксидантний захист і регуляція окислювального стресу. Обробка плодів сполуками, що можуть діяти як антиоксиданти і зменшувати окиснювальне пошкодження, індуковане охолодженням широко застосовується при зберіганні плодоовочевої продукції. Перевагою синтетичних антиоксидантів над природними є більш висока антирадикальна активність, краща стабільність, уповільнена утилізація монооксигеназною системою клітин і пролонгована дія. Численні синтетичні сполуки були визнані дуже ефективними для запобігання окиснювальному потемнінню, в тому числі бутилгідрокситолуол, етоксиквін, дифеніламін в багатьох фруктах і овочах. Однак пересторога щодо екологічності використання хімічних сполук спонукала посилення уваги до антиоксидантів природного походження. Антиоксиданти природного походження стали альтернативою синтетичним, оскільки повністю виводяться з організму та є екологічно безпечними. Однак природні екзогенні сполуки не виявляють такої

універсальної ефективності, як синтетичні, отже, вони можуть бути корисні тільки для певних овочів. Крім того, антиоксидантні компоненти, щоб бути ефективними, повинні легко досягти мішені окиснювального пошкодження, а це вдається ліпофільним сполукам. Широко досліджується обробка плодоовочевої продукції аскорбіновою кислотою, токоферолом, глутатіоном та поліфенольними сполуками (кверцетин, ресвератрол, рутин), хітозаном. Однокомпонентні антиоксиданти, як правило, менш ефективні, ніж композиції, що містять два або більше антиоксидантів (Priss, 2015a). Щорічно публікуються кілька сотень робіт з досліджень антимікробних або інших функціональних властивостей екстрактів вищих рослин. Адже використання вищих рослин та їх складових як антиоксидантів, бактерицидів чи фунгіцидів має переваги завдяки більш системній дії, нефітотоксичності та біодеградації. Вони можуть поширюватися безперервно рік за роком без будь-якого негативного впливу на довкілля. Велика кількість доступних спецій і трав проявляють фунгіцидну, бактерицидну та антиоксидантну дію: майоран, тмин, чабер, базилік, коріандр, гірчиця, хрін. Вивчення їх характеристик і специфічних механізмів дії дозволить зрозуміти та оцінити їх вклад в регуляцію метаболічних процесів плодових тканин. Доведено, що така обробка сприяє зменшенню інтенсивності перекисного окиснення ліпідів у клітинних мембранах (Priss & Kalitka, 2015). Це, у свою чергу, зменшує пошкодження клітин, затримує втрати тургору та попереджає передчасне розпадання тканин.

Новітні підходи передбачають застосування біоактивних сполук у формі нанопрепаратів, інкапсуляцію в полімерні носії або застосування у складі плівок для активного пакування. Наприклад, застосування їстівних покриттів з додаванням екстрактів хрому з антиоксидантом лецитином відсуває розвиток ХП у томатів на 2 тижні при зберіганні при 2 °C (Priss, 2015a).

Обробка біологічно активними речовинами є перспективним напрямом для продовження терміну зберігання плодових овочів, зниження холодового пошкодження та збереження харчової цінності. Поєднання фітогормональних регуляторів, антиоксидантів та захисних природних сполук дозволяє ефективно регулювати післязбиральний метаболізм. Однак оптимальні концентрації, способи нанесення і комбінації БАР мають бути адаптовані до виду овочів та умов зберігання.

6 Комбіновані методи захисту плодових овочів від окиснювальних пошкоджень.

Численні підходи, запропоновані для зниження ХП, не запобігають повністю появі симптомів переохолодження для більшості овочів. Зменшення індукованих окислювальним стресом ушкоджень може бути досягнуто за допомогою комбінування різних заходів. Різні зовнішні стресори виробляють аналогічні механізми для підвищення стійкості до окиснювального стресу. Це пояснює, чому багато різних післязбиральних заходів можуть зменшувати фізіологічні розлади індуковані окиснювальним стресом. Якщо застосовуються два або більше стресори одночасно, в рослинній тканині розвивається ширша стрес крос-толерантність (Toivonen, 2009).

Встановлено, що поєднання теплової обробки з обробкою антиоксидантами знижується важкість холодних у червоних помідорах (Priss, 2015a). Індекс низькотемпературних пошкоджень в дослідних плодах, залежно від сорту помідорів та антиоксидантів, нижче в 7,0...14,7 рази порівняно з плодами без обробки та у 3,3...7,7 разів ніж в помідорах з тепловою обробкою водою. Подібні результати отримані при поєднанні теплової обробки та розчину антиоксидантів для плодів перцю двох сортів. Показано, що застосування перед закладанням на зберігання обробки розчином комплексного природно-синтетичного антиоксиданту з температурою 45 °С протягом 15 хв. дозволяє подовжити тривалість зберігання плодів перцю на 2 тижні. Використання такої післязбиральної обробки дозволяє зменшити чутливість плодів перцю до зберігання при низьких температурах: рівень пошкодження холодом знижено в 7...9 разів, важкість низькотемпературних уражень в оброблених плодах – в 9...12 разів. Теплова обробка у поєднанні з антиоксидантами суттєво впливає на рівень продуктів перекисного окислення ліпідів при зберіганні цукіні (Priss & Kalitka, 2015). Така обробка стабілізує рівень малонового діальдегіду протягом всього періоду зберігання. Це дозволяє говорити про повну реалізацію усіх механізмів антиоксидантного захисту та своєчасну утилізацію АФК.

Незважаючи на зусилля дослідників, універсального ефективного рішення для запобігання метаболічним розладам під час зберігання плодів овочів на сьогодні не знайдено. Сповільнити окисацію тканин можливо за допомогою антиоксидантів у поєднанні з тепловою обробкою. стратегії комбінованих заходів захисту плодів овочів від окиснювального пошкодження повинні розроблятися лише при розумінні біохімічної відповіді тканин. Однак, видова і сортова специфіка, стадія розвитку та умови вирощування значно впливають на характер відповідей тканин спровокований стресовими факторами зберігання. Наприклад, здатність до активації ендогенної антиоксидантної системи або ефективність зовнішнього введення біологічно активних речовин відрізняється не лише між культурами, а й між сортами в межах одного виду.

Успішна реалізація комбінованих технологій можлива лише за умови цілеспрямованого підбору фізіологічно обґрунтованих параметрів: температура і тривалість теплової обробки, концентрація антиоксидантів, послідовність і спосіб обробки (обприскування, занурення, обробка парами тощо). Крім того, слід враховувати потенційні негативні ефекти надмірного інгібування метаболізму, які можуть проявитися у вигляді затримки дозрівання, втрати смакових якостей. Тому перспективним напрямом є інтеграція фізіологічного моніторингу (наприклад, за вмістом малонового діальдегіду, активністю антиоксидантних ферментів) з практичними технологіями зберігання, що дозволить адаптувати системи захисту під індивідуальні властивості кожної партії продукції.

Етап створення ієрархій в МАІ розглядається як початковий крок у вирішенні складної проблеми чи прийнятті рішень. Цей етап включає в себе визначення мети і створення ієрархічної структури, шляхом розбивання проблеми на складові частини.

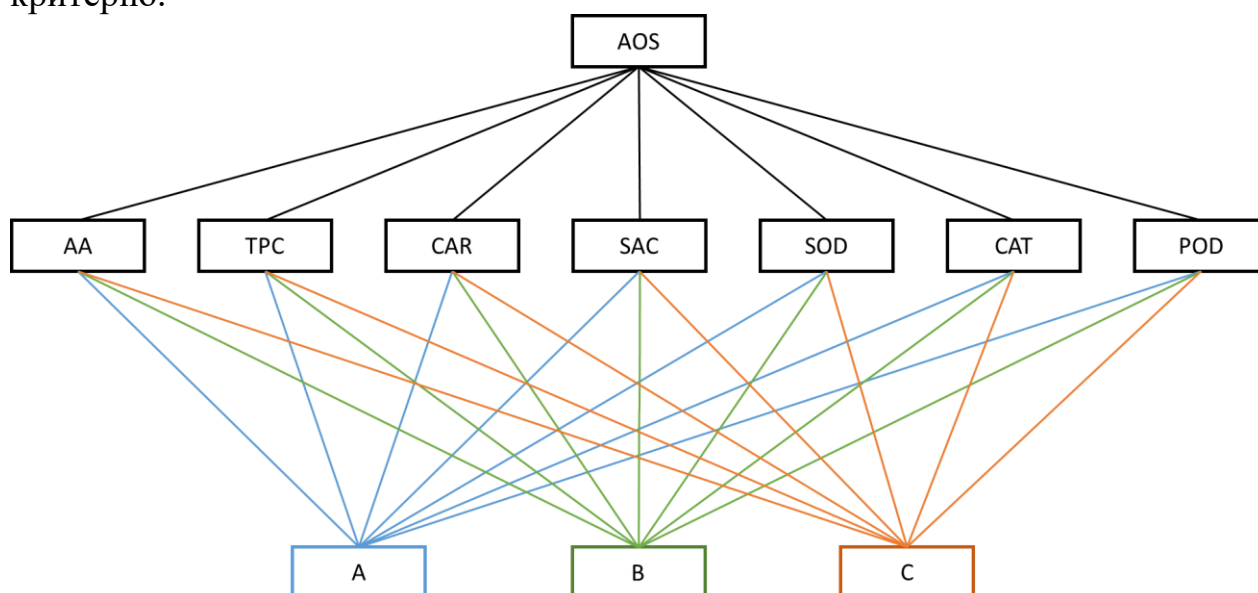
Етап створення ієрархій в АНР розглядається як початковий крок у вирішенні складної проблеми чи прийнятті рішень. Цей етап включає в себе

визначення мети і створення ієрархічної структури, шляхом розбивання проблеми на складові частини.

Побудована нами структура включає в себе три рівні: глобальний критерій (загальна мета –інтегральне оцінювання антиоксидантного статусу АОС), рівень критеріїв (окремі антиоксиданти системи) та рівень альтернатив (види чи сорти овочів) (рис. 3.1.2).

В залежності від наявних експериментальних чи аналітичних даних щодо компонентів антиоксидантного захисту системи конкретного виду чи сорту овочів, критерії ієрархії можна доповнювати іншими антиоксидантами чи змінювати, а також враховувати підкритерії. Наприклад, можна враховувати не загальний вміст фенольних речовин, а фенольні кислоти чи флавоноїди. Або зробити їх підкритеріями ієрархії.

На кожному рівні ієрархії визначається важливість елементів відносно один одного. Експерти ранжують кожен критерій та альтернативу відносно глобального критерію.



**Рис. 3.1.2. Ієрархічна структура оцінювання антиоксидантного статусу трьох різних сортів овочів.**

Для цього використовується процедура парних порівнянь, де для кожної пари елементів оцінюється їхній відносний вплив або важливість. Під час визначення важливості кожного антиоксиданта необхідно врахувати індивідуальні внески в АОС, кореляційні зв'язки між компонентами та з малоновим діальдегідом (або іншими маркеркерами окисного стресу), що виключає суб'єктивізм оцінювання. Такий підхід дозволяє систематизувати та врахувати різноманітні аспекти антиоксидантної активності та забезпечити об'єктивність у прийнятті рішень. Для кожного рівня створюється матриця парних порівнянь, де елементи відносно один одного отримують числові значення, відображаючи ступінь їхньої важливості.

Основною перевагою методу є те, що він безрозмірний і не виникає проблем під час приведення до однакових одиниць виміру (табл. 3.1.6).

Таблиця 3.1.6

## Матриця парних порівнянь для критеріїв

Антиоксиданти	AA	TPC	CAR	SAC	SOD	CAT	POD	Власний вектор	Вектор пріоритетів
AA	1	3	3	5	1	1	1	1,7226	0,1833
TPC	1/3	1	2	4	1/5	1/5	1/4	0,5959	0,0634
CAR	1/3	1/2	1	4	1/5	1/5	1/4	0,4888	0,0520
SAC	1/5	1/4	1/4	1	1/7	1/7	1/5	0,2437	0,0259
SOD	1	5	5	7	1	3	4	2,9827	0,3174
CAT	1	5	5	7	1/3	1	2	1,9737	0,2100
POD	1	4	4	5	1/4	1/2	1	1,3895	0,1480
Σ								9,3967	1,0000
$\lambda_{max}$									7,4982
<i>C.I.</i>									0,0830
<i>C.R.</i>									0,0629

Для отримання оцінок пріоритетності на основі матриці використовується алгоритм, схема якого має такий вигляд :

1. По наближеній формулі, як середнє геометричне відповідного рядка визначається головний власний вектор матриці:

$$w_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad (3.4)$$

де  $w_i$  – компоненти власного вектора;

$n$  – розмірність матриці. У даному випадку 7;

$a_{ij}$  – компоненти матриці,  $i \in \{1...n\}$ ,  $j \in \{1...n\}$ .

Тобто :  $w_1 = \sqrt[7]{1 \times 3 \times 3 \times 5 \times 1 \times 1 \times 1} = \sqrt[7]{45} = 1,7226$ , і т. д. (див. табл. 3.2.3).

2. Знайдені компоненти власного вектора нормуються:

$$v_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (3.5)$$

де  $v_i$  – компоненти нормованого вектора.

$\sum_{i=1}^7 w_i = 9,3967$ , тоді

$$v_1 = \frac{1,7226}{9,3967} = 0,1833;$$

$$v_2 = \frac{0,5959}{9,3967} = 0,0634; \text{ і т.д. (див. табл. 3.2.3).}$$

Узгодженість зворотно симетричної вихідної матриці парних порівнянь еквівалентна умові рівності її максимального власного значення  $\lambda_{max}$  числу порівнюваних об'єктів  $n$ , тобто  $\lambda_{max} = n$ . Тому, в якості міри неузгодженості

прийнято розглядати нормоване відхилення від  $n$ , зване індексом узгодженості. Узгодженості пріоритетів розраховують як індекс узгодженості матриці:

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (3.6)$$

де,  $C.I.$  – індекс узгодженості пріоритетів;

$\lambda_{max}$  – найбільше власне число матриці, яке знаходиться за стандартним алгоритмом, доступним в он-лайн калькуляторах.

Розраховане  $\lambda_{max}$  матриці парних порівнянь для рівня критеріїв становить 7,50. Тоді:

$$C.I. = \frac{7,5 - 7}{7 - 1} = 0,083$$

Щоб оцінити ступінь узгодженості суджень, індекс узгодженості  $C.I.$  порівнюють з випадковим індексом. Випадковим індексом називають індекс узгодженості, розрахований для квадратної  $n$ -мірної позитивної зворотно симетричної матриці, елементи якої генеровані датчиком випадкових чисел для інтервалу значень від 1 до 9 (табл. 3.1.7).

Таблиця 3.1.7

### Індекс випадкової узгодженості (R.I.)

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Маючи індекс узгодженості та обравши з табл. 3.2.4 випадковий індекс для заданого порядку матриці, розраховують відношення узгодженості:

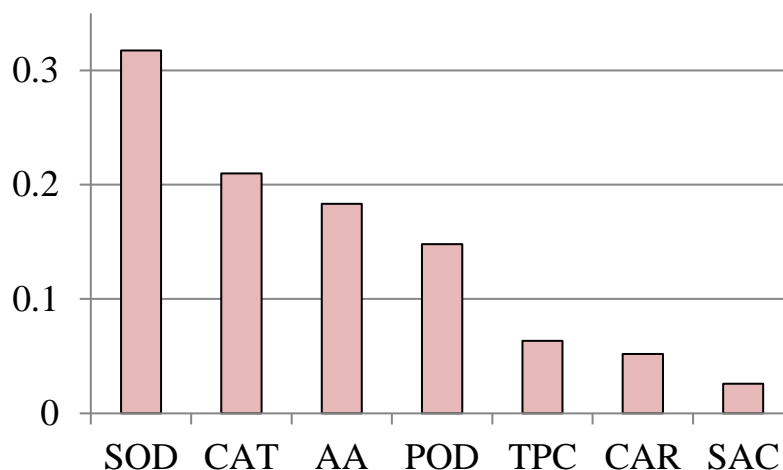
$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}, \quad (3.7)$$

де,  $C.R.$  – consistency ratio;

$R.I.$  – random consistency index.

$$C.R. = \frac{0,083}{1,32} = 0,063$$

Величина  $C.R.$  повинна бути порядку 10 % або менше, щоб бути прийнятною. Якщо  $C.R.$  виходить за ці межі, то потрібно перевірити судження у матриці. У нашому випадку  $C.R.=0,063$ , тобто отримані пріоритети є цілком узгоджені. Ранжування АО за розрахованими оцінками пріоритетів представлена на рис. 3.1.3.



**Рис. 3.1.3. Ранжування ендогенних АО в тканинах овочів.**

Як видно з рис. 3.1.3, максимальний вклад в АОС вносить SOD, мінімальна роль належить цукрам.

Наступним кроком є порівняння сортів спаржі за критеріями другого рівня. За кожним окремим критерієм порівнюємо сорти спаржі складаючи матриці суджень розміром  $3 \times 3$ . За описаним вище алгоритмом (формули 1-4) розраховуються оцінки пріоритетності та узгодженість матриці для кожного критерію. Матриця парних порівнянь для АК характеризується прийнятною узгодженістю близько 9 % (табл. 3.1.8).

*Таблиця 3.1.8*

**Матриця парних порівнянь для АК**

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	1/4	6	1,1447	0,2430
Rosalie	4	1	9		
Erasmus	1/6	1/9	1		
$\Sigma$				4,7112	1,0000
$\lambda_{\max}$					3,1080
<i>C.I.</i>					0,0540
<i>C.R.</i>					0,0931

Найбільший пріоритет за АК має Rosalie, а найменший Erasmus. Матриця парних порівнянь для ФР дозволяє отримати оцінку пріоритетності з узгодженістю матриці близько 1,5 % (табл. 3.1.9).

*Таблиця 3.1.9*

**Матриця парних порівнянь для ТРС**

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	1/2	1/4	0,5000	0,1365
Rosalie	2	1	1/3		
Erasmus	4	3	1		
$\Sigma$				3,6630	1,0000

$\lambda_{\max}$		3,0180
<i>C.I.</i>		0,0090
<i>C.R.</i>		0,0155

Максимальний пріоритет ФР мають для Erasmus, а мінімальний для Prius.

Для каротиноїдів, відношення узгодженості матриці лише 0,3 %. Однак, така висока узгодженість може бути недоліком і може свідчити про надмірну впевненість експертів у судженнях (табл. 3.1.10).

Таблиця 3.1.10

### Матриця парних порівнянь для CAR

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	1/5	1/3	0,4055	0,1094
Rosalie	5	1	2		
Erasmus	3	1/2	1		
$\Sigma$				3,7046	1,0000
$\lambda_{\max}$					3,0040
<i>C.I.</i>					0,0020
<i>C.R.</i>					0,0034

Узгодженість матриці за цукрами ідентична матриці для фенольних сполук (табл. 3.1.11).

Таблиця 3.1.11

### Матриця парних порівнянь для SAC

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	1/2	1/3	0,5503	0,1692
Rosalie	2	1	1		
Erasmus	3	1	1		
$\Sigma$				3,2525	1,0000
$\lambda_{\max}$					3,0180
<i>C.I.</i>					0,0090
<i>C.R.</i>					0,0155

Як видно з табл. 3.1.11, максимальний пріоритет за вмістом цукрів має спаржа Erasmus.

Таблиця 3.1.12

### Матриця парних порівнянь для SOD

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	3	1/4	0,9086	0,2176
Rosalie	1/3	1	1/6		
Erasmus	4	6	1		
$\Sigma$				4,1746	1,0000
$\lambda_{\max}$					3,0540
<i>C.I.</i>					0,0270
<i>C.R.</i>					0,0465

За активністю SOD, найвища пріоритетність характерна для Erasmus. Побудована матриця має відношення узгодженості 4,7 % (табл. 3.1.12).

Матриця парних порівнянь спаржі за активністю каталази дозволяє отримати оцінки пріоритетів за узгодженості близько 2% (табл. 3.1.13).

Таблиця 3.1.13

**Матриця парних порівнянь для САТ**

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	1/4	1/5	0,3684	0,0974
Rosalie	4	1	1/2		
Erasmus	5	2	1		
Σ				3,7828	1,0000
$\lambda_{\max}$					3,0250
<i>C.I.</i>					0,0125
<i>C.R.</i>					0,0215

Найбільший вектор пріоритету активності каталази характерний для Erasmus, а найменший для Prius.

Матриця парних порівнянь плодів овочів за активністю пероксидази має відношення узгодженості: 0,0560 (табл. 3.1.14).

Таблиця 3.1.14

**Матриця парних порівнянь для ПОД**

Спаржа	Prius	Rosalie	Erasmus	Власний вектор	Вектор пріоритетів
Prius	1	5	1/3	1,1856	0,2789
Rosalie	1/5	1	1/7		
Erasmus	3	7	1		
Σ				4,2503	1,0000
$\lambda_{\max}$					3,0650
<i>C.I.</i>					0,0325
<i>C.R.</i>					0,0560

Активність пероксидази має максимальний пріоритет для Erasmus і мінімальний для Rosalie.

Після визначення важливості всіх елементів і побудови матриць парних порівнянь, проводиться аналіз для отримання важливості (ваги) кожного елемента. Здійснюється синтез ієрархії, що дозволяє врахувати всі аспекти і прийняти рішення.

Глобальні пріоритети, які і будуть інтегральними оцінками антиоксидантного статусу сортів спаржі, розраховуємо за формулою:

$$I_{AOS} = P_1^2 \times P_1^3 + P_2^2 \times P_2^3 + \dots + P_n^2 \times P_n^3, \quad (3.8)$$

де  $I_{AOS}$  – інтегральна оцінка антиоксидантного статусу,  
 $P_1^2 \dots P_n^2$  – пріоритетні оцінки матриці критеріїв,

$P_1^3 \dots P_n^3$  – пріоритетні оцінки матриці альтернатив.

Для спаржі сорту Prius:

$$I_{AOS} = 0,1833 \times 0,2430 + 0,0634 \times 0,1365 + 0,0520 \times 0,1094 + 0,0259 \times 0,1692 + 0,3174 \times 0,2176 + 0,2100 \times 0,0974 + 0,1480 \times 0,2789 = 0,1940 \approx 0,19 \text{ (див. табл. 3.1.5-11).}$$

Аналогічними розрахунками отримуємо:

– для Rosalie  $I_{AOS} = 0,2934 \approx 0,29$ ;

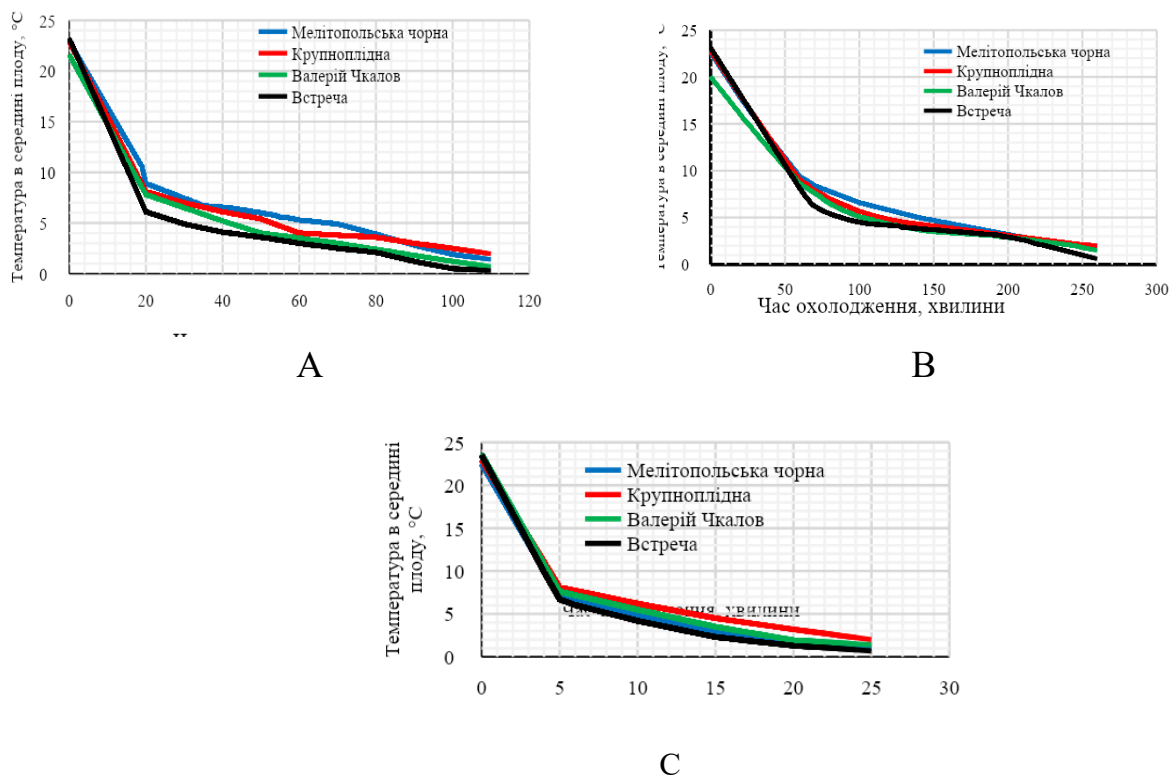
– для Erasmus  $I_{AOS} = 0,51245 \approx 0,51$ .

Розрахована інтегральна оцінка показує, що серед досліджуваних сортів найвищий антиоксидантний статус у спаржі сорту Erasmus, мінімальний у спаржі сорту Prius. Тож при застосуванні екзогенних їстівних покриттів, концентрацію антиоксидантів у складі можна буде регулювати відповідно до встановленого антиоксидантного статусу. Такий підхід може гарантувати запобігання втрат продукції при подовженому терміні зберігання.

У післязбиральний період внаслідок природних процесів метаболізму та під впливом зовнішніх факторів плоди втрачають свою масу та первинну якість. Це призводить до зниження їх цінності як продукту харчування, так і комерційної якості. Загальні втрати відбуваються за рахунок природної втрати маси при транспірації та диханні, а також від ушкоджень механічними, фітопатогенними, фізіологічними факторами. Втрати плодової продукції внаслідок цих факторів можуть становити до 28 %. З них 19 % зафіксовано після збирання врожаю на етапі зберігання і постачання сировини до торгових мереж (Suran et al., 2019).

У дослідженнях способів і режимів попереднього охолодження плодів черешні і вишні початкова температура сировини була на рівні 20,0–23,0 °C (рис. 3.1.1). Встановлено, що весь процес зниження температури при ППС можна розділити на два періоди. Перший період триває до 60 хвилин (рис. 1А). Цей період характеризується більш інтенсивним зниженням температури. З 61 хвилини охолодження починається другий період повільного зниження температури. Цей період триває до настання необхідної кінцевої температури у плодах ( $2 \pm 0,1$  °C). Час попереднього охолодження плодів черешні повільним способом до температури 2 °C становив 245–260 хв, плодів вишні – 225 хв.

Охолодження плодів ППС у камерах інтенсивного охолодження відбувалося більш швидкими темпами порівняно із ППС (рис. 3.1.1-В). Час охолодження від температури 21,5–23,5 °C до температури  $2 \pm 0,1$  °C для плодів черешні становив: сорту Валерій Чкалов – 86 хв, Мелітопольська чорна – 99 хв і Крупноплідна – 109. Час інтенсивного повітряного способу охолодження плодів вишні модельного сорту Встреча становив 81 хв



**Рис. 3.1.4. Термограма повільного повітряного охолодження (А), інтенсивного повітряного охолодження (В) і гідроохолодження (С) плодів черешні і вишні**

У результаті аналізу термограми ГО льодяною водою з додаванням молочної і оцтової кислот визначено подібну динаміку зниження температури з ППС і ІПС (рис. 3.1.4-С). Загальна тривалість попереднього ГО плодів черешні до температури  $2\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  становила 18–25 хв, а плодів вишні – 16 хв.

Швидкість охолодження плодів черешні в перші 60 хвилин коливалася від  $-0,190^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  при ППС плодів сорту Валерій Чкалов до  $-0,230^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  при охолодженні плодів сорту Крупноплідна (табл. 3.1.15). Швидкість охолодження ППС плодів вишні сорту Встреча була вищою порівняно із плодами сортів черешні. Цей показник на етапі охолодження 0–60 хв для плодів вишні становив  $-0,250^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ .

Таблиця 3.1.15

**Швидкість процесу охолодження плодів сортів черешні і вишні залежно від способу,  $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$**

Час охолодження, хвилин	Швидкість, $\vartheta$ , $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$			
	Валерій Чкалов	Мелітопольська чорна	Крупноплідна	Встреча
<b>повільний повітряний спосіб охолодження</b>				
0–60 хв	-0,190	-0,220	-0,230	-0,250
від 61 хв до кінцевої температури плодів $2\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	-0,036	-0,037	-0,035	-0,038
<b>інтенсивний повітряний спосіб охолодження</b>				

0–20 хв	-0,690	-0,650	-0,740	-0,855
від 21 хв до кінцевої температури плодів $2\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	-0,087	-0,100	-0,068	-0,067
<b>гідроохолодження</b>				
0–5 хв	-3,2	-3,1	-2,98	-3,4
від 5 хв до кінцевої температури плодів $2\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	-0,377	-0,383	-0,305	-0,400

Температура всередині плодів вишні знижувалася до  $8,1\text{--}9,4^{\circ}\text{C}$  (рис. 3.1.4А). При охолодженні ППС на другому етапі від 61 хв до кінцевої температури сировини ( $2\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ) швидкість зниження температура варіювала від  $-0,035$  до  $-0,038^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  незалежно від видових і сортових особливостей плодів.

За ППС охолодження швидкість процесу зниження температури у плодах черешні перші 20 хвилин коливалась в межах від  $-0,65$  до  $-0,74^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  (табл. 3.1.15), а у плодах вишні становила  $-0,855^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ . На другому етапі охолодження швидкість була набагато нижчою. Цей показник для плодів сортів черешні коливалася в межах від  $-0,068^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  до  $-0,1^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ . Швидкість охолодження ППС плодів вишні сорту Vstriecha була найменшою ( $-0,067^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ).

Кінетика ППС охолодження плодів мала схожу динаміку незалежно від їх видових і сортових особливостей. Охолодження ППС проходило у два короткотривалих етапи. На першому етапі відбулося зниження температури до  $6\text{--}9^{\circ}\text{C}$  протягом 20 хв, а для другого – до температури  $2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  усередині плоду протягом 75–112 хв.

Тривалість першого періоду процесу ГО льодяною водою з додаванням молочної і оцтової кислот становила 5 хвилин. Протягом цього періоду температура всередині плодів знижувалася до  $6,7\text{--}8,1^{\circ}\text{C}$ . Швидкість зниження температури протягом перших 5 хвилин ГО черешні льодяною водою з додаванням молочної і оцтової кислот коливалася у межах від  $-2,98^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  (сорт Крупноплідна) до  $-3,2^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  (сорт Валерій Чкалов). Швидкість охолодження плодів вишні була максимальною ( $-3,4^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ). Другий етап попереднього ГО характеризувався уповільненням процесу зниження температури. Швидкість процесу охолодження плодів черешні на цьому етапі коливалася від  $0,305$  до  $-0,383^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ , а плодів вишні становила  $-0,4^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ .

Отже, швидкість зниження температури плодів черешні під час гідроохолодження з додаванням молочної і оцтової кислот перевищувала в 4,5 разів швидкість даного процесу під час ППС та в 11,7 разів під час ППС. Для сорту вишні Встреча встановлена аналогічна тенденція процесу охолодження плодів під час гідроохолодження. Швидкість зниження температури плодів вишні при ГО була більшою у 5 і 14,6 разів порівняно з ППС та ППС відповідно.

Окрім того, швидкість зниження температури сировини під час ППС охолодження перевищувала швидкість даного процесу під час ППС в 2,5 рази для плодів черешні і в 2,8 рази для плодів вишні.

Швидкість охолодження має безпосередній вплив на інтенсивність окисно-відновних процесів, які відбуваються в плодах і впливають на їх подальшу здатність до транспортування і зберігання.

При зберіганні плодів основним окисно-відновним процесом є дихання, під час якого поглинається кисень, виділяється вуглекислий газ і теплова енергія. Частина цієї енергії витрачається на внутрішні процеси. Значна частина виділяється в навколишнє середовище у вигляді тепла, що створює додаткове теплове навантаження і суттєво гальмує процес зниження температури.

Попереднє охолодження сприяє зниженню інтенсивності дихання плодів, і, відповідно, зменшенню дихального термогенезу. Показники інтенсивності дихання і тепловиділення плодової сировини до і після процесу охолодження, наведені в таблиці 3.1.16.

Таблиця 3.1.16

**Інтенсивність дихання та тепловиділення плодів черешні та вишні при охолодженні**

Спосіб охолодження	Інтенсивність дихання, мг CO <sub>2</sub> /кг·год		Інтенсивність тепловиділення, кДж/кг °С	
	до охолодження	після охолодження	до охолодження	після охолодження
<b>Валерій Чкалов</b>				
ППС	88,38±0,78	49,92±1,85	943,02	532,65
ПС		40,12±0,76		428,08
ГО		30,13±0,59		321,49
КС		30,90±1,43		329,70
<b>Мелітопольська чорна</b>				
ППС	96,70±1,32	54,83±1,18	1031,79	585,04
ПС		48,51±1,35		517,60
ГО		31,85±1,19		339,84
КС		32,06±0,49		342,08
<b>Крупноплідна</b>				
ППС	81,67±0,43	46,15±0,57	871,42	492,42
ПС		37,86±0,41		403,97
ГО		24,36±1,20		259,92
КС		25,13±0,71		268,14
<b>Встреча</b>				
ППС	91,21±1,23	46,81±0,73	973,21	499,46
ПС		32,40±1,52		345,71
ГО		25,45±0,67		271,55
КС		27,64±1,42		294,92

*Примітка. ППС- повільний повітряний спосіб охолодження; ПС - інтенсивний повітряний спосіб охолодження; ГО – гідроохолодження; КС- комбінований спосіб.*

Встановлено, що інтенсивність дихання плодів черешні і вишні відразу після збирання врожаю була досить високою – 81,67–96,70 мг CO<sub>2</sub>/кг·год. Мінімальний показник інтенсивності дихання визначено у плодів черешні сорту Крупноплідна, а максимальний – сорту Мелітопольська чорна. Висока інтенсивність дихання плодів супроводжувалася і високою інтенсивністю тепловиділення плодів. До

оохолодження інтенсивність тепловиділення черешні була найвищою у плодів сорту Мелітопольська чорна (1031,79 кДж/кг·°С) і найнижчою у сорту Крупноплідна (871,42 кДж/кг·°С).

Після попереднього оохолодження різними способами спостерігалось зниження інтенсивності дихання і тепловиділення плодів незалежно від їх видових та сортових особливостей. Максимальні показники інтенсивності дихання (46,15–54,83 мг СО<sub>2</sub>/кг·год) і тепловиділення (492,42–585,04 кДж/кг °С) плодів черешні і вишні були визначені за дії повільного повітряного способу оохолодження. ГО і КС знижує інтенсивність дихання і тепловиділення плодів в 1,7–1,9 рази порівняно з повільними повітряним способом оохолодження.

Швидкість зниження інтенсивності дихання була мінімальною за повільного повітряного способу оохолодження (табл. 3.1.17).

Таблиця 3.1.17

**Швидкість зниження інтенсивності дихання плодів залежно від способу оохолодження**

Сорт плодів	Швидкість, $\rho$ , мг СО <sub>2</sub> /кг·год/хв			
	ППС	ПС	ГО	КС
Валерій Чкалов	-1,60	-2,01	-2,43	-2,40
Мелітопольська чорна	-1,75	-2,01	-2,70	-2,69
Крупноплідна	-1,48	-1,83	-2,39	-2,36
Встреча	-1,85	-2,45	-2,74	-2,65
Середнє значення	-1,67	-2,08	-2,57	-2,53

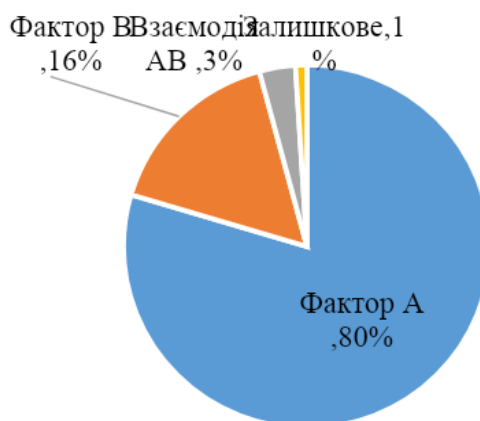
*Примітка.* ППС- повільний повітряний спосіб оохолодження; ПС - інтенсивний повітряний спосіб оохолодження; ГО – гідроохолодження; КС- комбінований спосіб.

Під час ГО та КС, швидкість зниження інтенсивності дихання була максимальною.

Домінуючий вплив способу попереднього оохолодження на зміну швидкості інтенсивності дихання плодів підтверджено результатами двох факторного дисперсійного аналізу (рис. 3.1.5).

Вплив фактору А (спосіб попереднього оохолодження) є домінуючим з часткою впливу 79,6 %. Вплив фактору В і взаємодії факторів АВ становить 16,2% та 3,2% відповідно.

Отже, застосування ГО та КС сприяє найбільш швидкому зниженню інтенсивності дихання, що, в свою чергу, гальмує термогенез в рослинних клітинах, сприяє стабілізації температурних умов при транспортуванні та подальшому зберіганні, та істотно зменшує теплове навантаження на обладнання.



**Рис. 3.1.5. Частка впливу факторів на зміни інтенсивності дихання, %: фактор А – спосіб попереднього охолодження, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.**

Найбільш важливим показником, що характеризує зміни якості плодів після попереднього охолодження і під час подальшого їх зберігання є втрати маси (табл. 3.1.18).

*Таблиця 3.1.18*

**Втрати маси плодів під час попереднього охолодження різними способами**

Сорт плодів	Втрати маси, %			
	ППС	ПС	ГО	КС
Валерій Чкалов	1,09±0,08	1,81±0,01	-	0,09±0,02
Мелітопольська чорна	0,74±0,05	1,76±0,04	-	0,07±0,01
Крупноплідна	0,71±0,01	1,96±0,04	-	0,08±0,01
Встреча	0,61±0,001	1,78±0,04	-	0,08±0,003
Середнє значення	0,9±0,04	1,83±0,03	-	0,08±0,01

*Примітка. ППС- повільний повітряний спосіб охолодження; ПС - інтенсивний повітряний спосіб охолодження; ГО – гідроохолодження; КС- комбінований спосіб.*

Максимальний рівень втрат маси плодів вишні і черешні були зафіксовані під час інтенсивного повітряного способу охолодження. Середнє значення втрати маси під час ПС охолодження було на рівні 1,83 %. Найвищу втрату маси було визначено у плодів черешні сорту Крупноплідна (1,96 %), а найменшу у плодів черешні сорту Мелітопольська чорна (1,76 %). За повільного повітряного способу охолодження втрати маси плодів усіх сортів черешні і вишні були в 2,03 разів (за середнім значенням) меншими порівняно з ПС. Отже, висока інтенсивність руху повітря пришвидшує процес охолодження плодів з одночасним інтенсивним гальмуванням процесу дихання, що збільшує їх природні втрати маси.

Під час ГО втрати маси плодової продукції не зафіксовані. Гідроохолодження плодів черешні і вишні сприяє найбільш ефективному гальмуванню процесу дихання, зниженню термогенезу і повному усуненню втрати маси. Проте, даний спосіб попереднього охолодження плодів мав суттєвий недолік. Після проведення технологічної операції на поверхні плодів залишається крапельно-рідка волога.

Середні втрати маси плодів за комбінованого способу охолодження були на рівні 0,08% із варіюванням у межах від 0,07% (сорт Мелітопольська чорна) до 0,09% (сорт Валерій Чкалов). Цей показник був меншим у 11,3 разів порівняно з ППС охолодженням і у 22,9 разів порівняно з ПС охолодженням.

Суттєвість впливу способу попереднього охолодження на кількісні значення втрати маси плодів підтверджено результатами двох факторного дисперсійного аналізу (рис. 3.1.6).



**Рис. 3.1.6. Частка впливу факторів на втрати маси плодів, %:**  
**фактор А – спосіб попереднього охолодження, фактор В – сорт, АВ –**  
**взаємодія факторів А і В , залишкове – випадкові та інші фактори.**

Вплив фактору А (спосіб попереднього охолодження) є домінуючим на втрату маси плодів і становить 97,4%. Вплив сорту (фактор В), взаємодії факторів (АВ) і інших випадкових факторів є несуттєвим та не перевищує 1,6%.

Під час зберігання плодів черешні і вишні спостерігається розвиток епіфітної мікрофлори, що може причинити погіршення комерційної цінності сировини. Ріст епіфітної мікрофлори на поверхні плодів під час зберігання впродовж 30 діб залежав від способу попереднього їх охолодження (табл. 3.1.19).

Перед охолодженням кількість колоній грибів та бактеріальних форм на поверхні плодів у середньому становила  $6,20 \times 10^3$  КУО/г і  $20,73 \times 10^3$  КУО/г відповідно. Мінімальні кількість грибів ( $5,78 \times 10^3$  КУО/г) і бактерій ( $18,55 \times 10^3$  КУО/г) визначено на поверхні плодів вишні сорту Встреча.

Максимальну кількість грибів зафіксовано на плодах черешні сорту Валерій Чкалов ( $6,85 \times 10^3$  КУО/г), а бактерій – на плодах черешні сорту Мелітопольська чорна ( $22,26 \times 10^3$  КУО/г). Через 30 діб зберігання плодової продукції за ППС, ПС і ГО охолодження кількість бактерій і грибів на поверхні плодів збільшилася в 1,4–2,3 і 2,0–3,3 рази відповідно залежно від видового і сортового складу.

Таблиця 3.1.19

**Кількісний склад епіфітної мікробіоти на поверхні плодів залежно від способу попереднього охолодження (після зберігання протягом 30 діб)**

Групи мікроорганізмів	Кількість мікроорганізмів, КУО/г × 10 <sup>3</sup>				
	до охолодження	ППС	ІПС	ГО	КС
Сорт Валерій Чкалов					
Бактерії	21,24±0,85	32,55±2,20	31,25±0,87	48,96±1,043	20,35±1,27
Гриби	6,85±0,05	15,07±0,15	16,25±0,84	20,59±0,635	4,25±0,58
Сорт Мелітопольська Чорна					
Бактерії	22,26±0,85	33,46±1,40	33,09±1,76	51,03±1,18	19,25±1,86
Гриби	6,13±0,07	14,65±1,03	15,25±0,47	21,35±1,26	4,528±0,53
Сорт Крупноплідна					
Бактерії	20,89±1,27	30,26±0,74	29,25±1,47	50,36±0,74	21,56±0,37
Гриби	6,06±0,73	16,46±2,25	17,26±0,95	22,547±1,80	5,49±0,77
Сорт Встреча					
Бактерії	18,55±2,22	27,65±0,68	25,49±0,80	43,59±2,15	15,65±1,27
Гриби	5,78±0,88	12,55±0,89	11,50±0,89	22,59±0,98	3,66±0,67
Середнє значення					
Бактерії	20,73±1,30	30,98±1,25	29,77±1,23	48,48±1,28	19,20±1,19
Гриби	6,20±0,43	14,68±1,07	15,06±0,79	21,77±1,17	4,48±0,64

*Примітка.* ППС- повільний повітряний спосіб охолодження; ІПС - інтенсивний повітряний спосіб охолодження; ГО – гідроохолодження; КС- комбінований спосіб.

ГО сприяло спочатку зменшенню кількості поверхневої мікробіоти. Надалі під час зберігання наявність на поверхні плодів крапельно-рідкої вологи стимулювала розвиток бактерій і грибів. Тому на вологій поверхні плодів після ГО спостерігали інтенсивний розвиток патогенної мікробіоти. Через 30 діб зберігання плодової продукції за ГО визначено максимальну кількість грибів на поверхні плодів вишні сорту Встреча ( $22,59 \times 10^3$  КУО/г), а бактерій – на плодах черешні сорту Мелітопольська чорна ( $51,03 \times 10^3$  КУО/г). Позитивний вплив гідроохолодження на мікробіологічні та ароматичні зміни черешні сорту Амбрунес показано Serradilla et al. (Serradilla et al., 2010). За даними Sehirli et al. (2020) обробка гіпохлоридом натрію та пероцтовою кислотою у системі гідроохолодження ефективно запобігає розвитку післязбиральним хворобам на плодах черешні під час зберігання та транспортування продукції. У публікації Suran et al. (2019) висвітлено вплив спеціальних обробок плодів черешні проти бурої плодової гнилі. Авторами також зазначено необхідність подальшого пошуку способів зберігання плодів для зменшення мікробіологічних втрат фруктів.

За використання комбінованого способу попереднього охолодження сировини спостерігається зменшення кількості епіфітної мікрофлори на поверхні плодів черешні та вишні через 30 діб зберігання. Загальна кількість МАФАНМ на поверхні плодів черешні була на тому ж рівні, що і до охолодження, або зменшилася від 10 до 40 % залежно від сорту. На поверхні плодів вишні сорту Встреча кількість МАФАНМ зменшилася від 20 до 60 % порівняно з показниками епіфітної мікрофлори до охолодження.

### Висновки по темі 3.1

Втрати плодоовочевої продукції, особливо на етапі зберігання, є проблемою, яка потребує уваги та вдосконалення технологій. Зменшення цих втрат не тільки забезпечить стійкий продовольчий ресурс, але й сприятиме зниженню викидів парникових газів та ефективному використанню ресурсів.

Добре функціонуюча антиоксидантна система є важливою для підтримання якості овочів під час їх зберігання та запобігання післязбиральним розладам. Їстівні покриття з антиоксидантними властивостями є ефективною стратегією для збереження якості овочів протягом періоду зберігання. Однак важливо враховувати, що великі дози антиоксидантів можуть мати токсичний ефект, а їх ефективність залежить від концентрації та виду овочів.

Для підсилення потужності ендогенної антиоксидантної системи важливо встановлювати концентрації екзогенних антиоксидантів, які корелюють з ендогенним пулом антиоксидантів у рослинних тканинах. Це забезпечить підтримку антиоксидантного статусу та збереження якості овочів під час післязбирального періоду. Для об'єктивної оцінки антиоксидантного статусу овочів було запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій.

Недоліком цього методу може бути суб'єктивність оціночних суджень, яку можна усунути, враховуючи експериментальні або аналітичні дані про хімічний склад та кореляційні зв'язки між компонентами антиоксидантної системи та маркерами окисного стресу. Запропонована методика інтегрального оцінювання антиоксидантного статусу овочів методом аналізу ієрархій може забезпечити об'єктивність та допомогти в прийнятті рішень у визначенні антиоксидантного статусу овочів, сприяючи запобіганню втрат продукції при подовженому терміні зберігання.

Були проведені дослідження, направлені на встановлення впливу способів попереднього охолодження плодів черешні та вишні на рівень скорочення втрат під час зберігання черешні і вишні. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

При застосуванні охолодження плодів пасивним повітряним способом швидкість зниження інтенсивності дихання плодів черешні була мінімальною, але втрати маси плодів в середньому в 2 рази нижчі ніж при охолодженні інтенсивним повітряним способом. Кількість мікроорганізмів на поверхні плодів практично однакова при охолодженні пасивним і інтенсивним повітряним способом.

Охолодження плодів інтенсивним повітряним способом сприяє максимальним втратам маси плодів, проте швидше гальмує дихальні процеси ніж охолодження пасивним повітряним способом.

Гідроохолодження забезпечує найменшу тривалість охолодження плодів до температури  $2\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (від 16 до 25 хв залежно від сорту). Гідроохолодження як і комбінований спосіб охолодження знижує інтенсивність дихання і тепловиділення плодів порівняно з повітряними способами охолодження. Гідоохолодження дозволяє уникнути втрат маси. Однак, при використанні цього способу, на поверхні плодів наявність крапельно-рідкої вологи стимулює розвиток фітопатогенної мікрофлори під час подальшого зберігання продукції. Через 30 діб зберігання плодової продукції на поверхні плодів черешні і вишні визначено

максимальну кількість грибів ( $20,59\text{--}22,59 \times 10^3$  КУО/г) і бактерій ( $43,59\text{--}51,03 \times 10^3$  КУО/г).

Комбінований спосіб охолодження дозволяє скоротити середні втрати маси плодів в 11,3 і 22,9 разів порівняно з ППС і ПС відповідно. Швидкість зниження інтенсивності дихання була вищою у порівнянні з повітряними способами та практично однаковою як при гідроохолодженні. Цей спосіб попереднього охолодження сприяє зменшенню кількості Бактерії і грибів на поверхні плодів порівняно з показниками епіфітної мікрофлори до охолодження. Отже, запропонований комбінований спосіб попереднього охолодження є найбільш прийнятним за технологічними показниками і збереженням якості плодів черешні і вишні.

Правильний вибір способу попереднього охолодження дозволить запобігти втратам фруктів під час зберігання і транспортування на великі відстані у всьому холодильному ланцюзі та буде сприяти покращанню економічних показників у плодоовочевій промисловості.

### Список публікацій за розділом 3.1

*Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Priss, O., Hutsol, T., Glowacki, S., Bulhakov, P., Bakhlukova, K., Osokina, N., Nurek, T., Horetska, I., & Mykhailova, L. (2024). Effect of Asparagus Chitosan-Rutin Coating on Losses and Waste Reduction During Storage. *Agricultural Engineering*, 28(1), 99-118. <https://doi.org/10.2478/agriceng-2024-0008>
2. Palamarchuk, I.; Adamchuk, L.; Palamarchuk, V.; Andrushchenko, M.; Priss, O.; Glowacki, S.; Hutsol, T.; Bezalychna, O. Assessment of the Ecological Safety of Honey with the Help of “Factor Area” Models. *Sustainability* **2024**, 16, 9960. <https://doi.org/10.3390/su16229960>
3. Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Stefan, E., Priss, O., Babych, I., Karpovych, I., & Pushanko, N. (2024). Modelling the centrifugal mixing process of minced meat to optimise the production of chopped meat semi-finished products. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 297–312. <https://doi.org/10.5219/1959>
4. Priss, O., Glowacki, S. (2024). Strategies for reducing postharvest losses of vegetables through integral assessment of antioxidant status. *Food technology progressive solutions*. Tallinn: Scientific Route OÜ, 4-27. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch1>
5. Priss O. (2024). Focus on food system challenges. *Food technology progressive solutions*. Tallinn: Scientific Route OÜ, 1-3. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.introduction>
6. Priss, O., Pugachov, M., Pugachov, V., Yaremko, I., & Shchabelska, V. The Development of the World Economy and the Impact of the Global Food Crisis 2022-2023. *Economic Affairs*, (2023). 68(1s), 35-42. DOI: 10.46852/0424-2513.1s.2023.5 P
7. Priss, O., Korchynskyy, I., Kryvko, Y., Korchynska, O. (2023). Leveraging horseradish's bioactive substances for sustainable agricultural

development. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 18, No. 8, pp. 2563-2570. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180828>

8. Priss, O., Zhukova, V., Holiachuk, S., & Karman, T. Effect of heat treatment with biopreparation on the quality of tomato fruit during storage. *Technology audit and production reserves*, (2021). 3(3), 59. 40-45. doi:10.15587/2706-5448.2021.235533

9. Hutsol, T., Priss, O., Ivanova, I., Serdyuk, M., Cupiał, M., Tymoshchuk, T., Havrylianchyk, R., Prokopchuk, L. & Kowalczyk, Z. Effectiveness of Cooling Methods in Reducing Losses During Cherry Storage. *Agricultural Engineering*, 2024, Sciendo, vol. 28 no. 1, pp. 321-340. <https://doi.org/10.2478/agriceng-2024-0020>

10. Ivanova, I., Serdiuk, M., Tymoshchuk, T., Bulygin, S., & Moisiienko, V. Assessment of sweet cherry fruit quality according to the requirements of the modern market. *Plant and Soil Science*, 2023. 14(2), 21-32. <https://doi.org/10.31548/plant2.2023.21> scopus

11. Ivanova I., Serdyuk M., Malkina V., Tymoshchuk T., Shlieina L., Pokoptseva L., Zoria M., Taranenko H. The effects of weather factors on titrating acids accumulation in sweet cherry fruits. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture & Society*. 2023, 11 (1) P. 1-15. DOI : <https://doi.org/10.17170/kobra-202210056938> scopus

***Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз***

12. Прісс, О., & Булгаков, П. (2024). Storage waste of asparagus as a valuable source of phenolic compounds. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 14(2). DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-15

13. Priss, O. P., Sukhenko, V. Y., & Bulhakov, P. Asparagus dry soluble and insoluble matter during storage. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, О. (2023). 13(1).10с DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-24

14. Priss, O. P., Bulhakov, P. O., Kolisnychenko, T. O., & Gazzavi-Rogozina, L. V. (2023). Using Protective Coating for Reduction of Losses While Storing Asparagus. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*, 23(1), 188-198. *Proceedings of Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University – 2023* [10.31388/2078-0877-2023-23-1-188-198](https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-188-198)

15. Прісс, О. П., Улянич, О. І., Шевчук, К. М., Яковер, О. І., & Ваховська, А. В. Зберігання зелені шпинату городнього з використанням живильного середовища. *Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань*, 2023. Вип. 103, Ч.1, С.7-17. [10.32782/2415-8240-2023-103-1-7-17](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-7-17)

16. Ulianych O.I., Priss O. P., Shevchuk K. M., Yakover O. I. (2023). Sowing timeframes and adaptability of escarole cultivars in the Southern Steppe of Ukraine. *Vegetable and Melon Growing Volume*, 74, 94-102. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2023-74-94-10>

17. Іванова, І., Кюрчева, Л., Кривонос, І., & Філенко, М. (2024). Застосування методу багатокритеріальної оптимізації для визначення сортопридатності плодової сировини до виробництва цукатів. *Науковий вісник*

*Таврійського державного агротехнологічного університету, 14(1).*  
<https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-22>

18. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є., Кривонос І. А., Бандура В. М. Заморожений напівфабрикат з додавання обліпіхи, як сировина для продуктів функціонального призначення. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. 219 с

19. Зарецька Д., Сердюк М. Функціональні напої з підвищеним вмістом вітаміну С на основі айвового напівфабрикату для закладів HoReCa. Інновації, гостинність, туризм : наука, освіта, практика : зб. тез доп. III Всеукр. наук.-практ. конф. мол. учених, асп. і студ. з міжнар. участю (18 травня 2023 року, м. Львів).

20. Зарецька Д., Сердюк М. Крафтові напої функціонального призначення на основі айвового напівфабрикату для закладів ресторанного господарства. Гостинність і туризм майбутнього: наукові та практичні горизонти: збірник тез доповідей II-ої міжнародної науково-практичної конференції (17- 18 травня 2023 р.). Київ: НУБіП України. 2023. 274 с.

21. Іванова І.Є., Сердюк М.Є. Удосконалення технології виробництва черешневих цукатів. Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини : матеріали X Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. Прага : Oktan Print s.r.o., 2023. 214 с.

22. Іванова І.Є., Сердюк М.Є. Удосконалення технології виробництва цукатів. Матеріали сьомої міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії». 2-3 листопада 2023 р., м.Черкасию – Ч.:ЧДТУ, 2023 р. — 125 с.

23. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є. Вплив НВЧ коливань на якість айвового напівфабрикату. Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред.В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2021. – 96 с.

24. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є. Вплив НВЧ обробки на активність ферментів в айвовому напівфабрикаті Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред.В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2021. – 114 с.

25. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є. Вплив гідротермічної обробки на збереження аскорбінової кислоти в плодах яблук сорту Флоріна Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред.В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2021. – 114 с.

26. Зарецька Д.К., Сердюк М.Є. Концепція функціонального харчування. Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії: матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції, Черкаси, 4-5 листопада 2022 року, 2022, 200-202.

## Тема 3.2 Вдосконалення технології виготовлення плодовоягідної снекової продукції

**Керівник теми**  
**Виконавці**

Кюрчева Л.М.  
Сердюк М. Є.  
Прісс О.П.

**Реферат.** Наведено результати досліджень щодо методики багатокритеріальної оцінки заморожених плодів вишні. Для забезпечення стабільної якості та збереження смакових і корисних властивостей вишні під час її переробки на цукати важливим технологічним рішенням є використання заморожених напівфабрикатів. Водночас якість кінцевого продукту безпосередньо залежить від контролю ключових показників замороженої сировини. Тому систематичний моніторинг таких параметрів є необхідним для гарантування відповідності сировини вимогам виробництва цукатів. Запропоновано методику багатокритеріальної оцінки заморожених плодів вишні. Розраховано цільові функції та сформовано ранжувальний ряд придатності замороженої сировини для виробництва цукатів. Представлено науково обґрунтований комплекс якісних параметрів функціонально-технологічних показників замороженої вишні, що забезпечує високий рівень якості кінцевого продукту. Вибір оптимального сорту плодової сировини з високими якісними показниками та мінімальними втратами здійснено шляхом порівняльної оцінки сортів за їх властивостями із застосуванням багатокритеріального методу на основі геометричної згортки критеріїв. Хімічні, фізичні і органолептичні критерії заморожених напівфабрикатів можуть змінюватися залежно від сортових особливостей вишні. Тому вибір оптимального сорту потребує комплексного підходу. Використання методу багатокритеріальної оптимізації дозволило встановити взаємозв'язки між якісними характеристиками плодів та їх допустимими значеннями. Це дало змогу визначити сорт Гріот Мелітопольський як найкращу сировину для подальшої переробки на цукати. Застосування такого підходу забезпечує науково-обґрунтований вибір заморожених напівфабрикатів сортів вишні, що сприяє виробництву цукатів високої якості.

### **Мета дослідження**

Метою досліджень було – обґрунтування та розробка багатокритеріальної стратегії вибору замороженої вишневої сировини для виробництва цукатів, орієнтованої на досягнення найвищої якості готової продукції.

*Об'єкт досліджень* – плоди вишні.

*Предмет досліджень* – аналіз придатності плодів різних сортів вишні до заморожування, фізико-технологічні та сенсорні характеристики.

### **Матеріали та методи дослідження**

Для реалізації мети досліджень були виконані наступні завдання:

- визначити хімічні, фізичні і органолептичні критерії заморожених напівфабрикатів залежно від сортових особливостей плодів вишні досліджуваних сортів;
- за допомогою методу багатокритеріальної оптимізації шляхом ранжування виділити кращій сорт вишні для цукатів;
- обґрунтувати комплекс якісних параметрів функціонально-технологічних показників замороженої вишні.

Наукове обґрунтування вибору сортів для виробництва цукатів із заморожених плодів вишні було здійснено за модифікованою методикою. Основою цього методу є застосування механізму прийняття рішень за кількома попередньо визначеними критеріями, що дозволяє усунути вплив одиниць вимірювання та величин інтервалів допустимих значень кожного критерію на вибір сорту (цільову функцію).

Для визначення придатності сировини для виробництва цукатів згідно ДСТУ 6075:2009 Цукати. Технічні умови були проаналізовані біохімічні, технологічні та органолептичні параметри свіжих плодів 10 сортів вишні: раннього строку досягання – Ожиданіє; середнього строку – Встреча, Шалуня, Сіянець Туровцевої, Гріот Мелітопольський, Модниця, Експромт; пізнього строку – Мелітопольська пурпурна, Солідарність, Ігрушка.

Вибір найбільш придатного сорту для заморожування здійснювався методом багатокритеріальної оптимізації [18]. Критерії вибору були визначені основними вимогами до плодів вишні. Найбільш важливими серед них є такі: плоди повинні бути великих розмірів, однорідного інтенсивно-червоного кольору, з тонкою шкірочкою, щільною м'якоттю та маленькою кісточкою. Важливою характеристикою є низька схильність до побуріння, а також оптимальне співвідношення органічних кислот і цукрів (цукрово-кислотний індекс). Плоди вишні повинні мати не надто кислий смак.

З метою наукового обґрунтування вибору сорту замороженої вишневої сировини для виробництва цукатів методом багатокритеріальної оптимізації було розроблено такий алгоритм виконання основних етапів:

Формулювання завдання оптимізації. На цьому етапі визначаються основні критерії та їхня значущість для кінцевого продукту. У якості основних критеріїв  $A_j$  обрані ключові фізико-хімічні показники та сенсорна оцінка плодів вишні у замороженому стані: величина втрати соку, % ( $A_1$ ); вміст сухих розчинних речовин, % ( $A_2$ ); вміст цукрів, % ( $A_3$ ); вміст титрованих кислот, % ( $A_4$ ); сумарний вміст фенольних сполук ( $A_5$ ); вміст вітаміну С, мг ( $A_6$ ); загальна сенсорна оцінка плодів ( $A_7$ ).

Збір експериментальних даних. Плоди вишні для подальшого заморожування збирали у споживчій стадії стиглості. Фрукти сортували, інспектували,мили та заморожували розсіпом в морозильній камері повільним способом. Температура заморожування мінус  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  до досягнення внутрішньої температури плоду мінус  $18^\circ\text{C}$ . Після цього їх фасували в пакети з поліетиленової плівки по 0,5 кг і зберігали протягом трьох місяців за температури мінус  $18^\circ\text{C}$ . Визначення компонентів хімічного складу, технологічних та органолептичних показників

проводили тричі: в свіжих плодах у день збору; у свіжозаморожених плодах; в заморожених плодах після 1 і 3 місяців зберігання.

Усі вимірювання проводили за стандартними методиками [18]:

– Величина втрати клітинного соку – шляхом визначення різниці в масі плодів до і після дефростації.

– Вміст сухих розчинних речовин – визначали за допомогою рефрактометра. Метод ґрунтується на визначенні масової частки сухих розчинних речовин за показником заломлення. Показник заломлення аналізованого розчину вимірювали за температури  $(20,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  на рефрактометрі марки АBBЕ АR12.

– Масова концентрація цукрів – визначали ферріціанідним методом. Цей метод ґрунтується на здатності редукуючих моносахаридів відновлювати в лужному середовищі ферріціанід калію –  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (червона кров'яна сіль) в залістосиньородистий (фероціанід) калію -  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (жовту кров'яну сіль). В якості індикатора використовували метиленову синь. При відновленні ферріціаніду калію спостерігається зміна кольору розчину від синього до безбарвного або світло-жовтого. Кількість сахарози визначали, попередньо перетворивши її на інвертний цукор.

– Уміст титрованих кислот визначали титриметричним методом. Метод полягає в нейтралізації органічних кислот, що містяться в досліджуваному продукті, за допомогою 0,1 н розчину лугу. Титрування проводиться до моменту переходу розчину з кислого середовища в лужне. Цей перехід фіксується візуально за появою рожевого забарвлення розчину в присутності індикатора фенолфталеїну. Точність методу складає  $\pm 0,5\%$ .

– Вміст фенольних речовин визначали за допомогою реактиву Фоліна-Деніса. Метод ґрунтується на реакції комплексоутворення поліфенолів з реактивом Фоліна-Деніса, в результаті якої утворюються забарвлені сполуки, що дозволяють визначити оптичну густину. Для перерахунку вмісту поліфенолів у плодах черешні використовували стандарт – рутин.

– Вміст аскорбінової кислоти визначали йодометричним методом за реактивом Тільманса. Метод ґрунтується на редукуючих властивостях аскорбінової кислоти. Під впливом аскорбінової кислоти розчин індикатора 2,6-дихлорфеноліндофенолу, що має синє забарвлення, відновлюється до безбарвної сполуки.

– Загальну сенсорну оцінку заморожених плодів вишні проводили за 9-бальною шкалою.

Отримані дані будуть проаналізовані нижче.

Нормування критеріїв. Це здійснювали з метою усунення впливу одиниць вимірювання фізико-біохімічних та сенсорних критеріїв плодів різних сортів, що дозволяє перевести їх значення в безрозмірні величини ( $f_j \rightarrow \hat{f}_j$ ).

Перед проведенням операції нормування необхідно встановити:

- максимальне ( $f_j^+$ ) та мінімальне ( $f_j^-$ ) значення j-го критерію досліджуваних сортів ( $x_i$ );
- оптимальне значення j-го критерію визначали за наступним правилом:

якщо оціночний критерій ( $f_j$ ) прагне до мінімального значення то:

$$(f_j^{onm} \rightarrow \min), \text{ то } f_j^{onm} = f_j^-;$$

якщо оцінний критерій ( $f_j$ ) прагне до максимального значення то:

$$(f_j^{onm} \rightarrow \max), \text{ то } f_j^{onm} = f_j^+.$$

Прагнення оптимального значення  $j$ -го критерію ( $f_j^{onm} \min; f_j^{onm} \max$ ) враховується при виборі формул (1) або (2) для проведення операції нормування:

$$\hat{f}_j(x_i) = \begin{cases} \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{(f_j^+ - f_j^-)}, & \text{якщо } f_j^{opt} \rightarrow \max \\ \frac{(f_j^+ - f_j(x_i))}{(f_j^+ - f_j^-)}, & \text{якщо } f_j^{opt} \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

$\hat{f}_j(x_i)$ - значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для  $i$ -го сорту;

$f_j(x_i)$ - значення  $j$ -го критерію для  $i$ -го сорту у відповідних одиницях виміру;

$f_j^+; f_j^-$  - область допустимих значень  $j$ -го критерію порівнюваних сортів.

**1. Обчислення значень цільової функції.** Після проведення операції нормування проводиться обчислення значень цільової функції ( $\varphi$ ) для кожного сорту ( $x_i$ ) за формулою (3):

$$\varphi(x_i) = \sum_{j=1}^n |\hat{f}_j(x_i) - \hat{f}_j(x^u)| \rightarrow \min, \text{ где } 0 \leq \hat{f}_j(x_i) \leq 1; \quad (3)$$

$$\hat{f}_j(x^u) = 1$$

$\varphi(x_i)$  – цільова функція  $i$ -го сорту;

$n$  – кількість критеріїв.

$\hat{f}_j(x_i)$  – значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для  $i$ -го сорту;

$\hat{f}_j(x^u)$  – значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для ідеального сорту;

$x^u$  – ідеальний сорт (з оптимальними значеннями критеріїв).

Доказ, що  $\hat{f}_j(x^u) = 1$ .

Якщо  $f_j^{onm} \rightarrow \max$ , то згідно з формулою (7) значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для ідеального сорту для перевірки можемо розрахувати за формулою (4):

$$\hat{f}_j(x^u) = \frac{f_j(x^u) - f_j^-}{f_j^+ - f_j^-}, \text{ т.як } f_j(x^u) = f_j^{onm} = f_j^+, \text{ то}$$

$$\hat{f}_j(x^u) = \frac{f_j^+ - f_j^-}{f_j^+ - f_j^-} = \frac{1}{1} = 1 \quad (4)$$

Якщо  $f_j^{onm} \rightarrow \min$ , то згідно формули (8) значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для ідеального сорту для перевірки можемо розрахувати за формулою (5);

$$\hat{f}_j(x^u) = \frac{f_j^+ - f_j(x^u)}{f_j^+ - f_j^-}, \text{ т.як } f_j(x^u) = f_j^{opt} = f_j^-, \text{ то}$$

$$\hat{f}_j(x^u) = \frac{f_j^+ - f_j^-}{f_j^+ - f_j^-} = \frac{1}{1} = 1 \quad (5)$$

2. **Аналіз отриманих результатів.** Вибір найкращого сорту визначається з умов максимального наближення його цільової функції до цільової функції ідеального сорту, яка дорівнює нулю.

Доведемо, що  $\varphi(x^u) = 0$ .

$$\varphi(x^u) = \sum^n |\hat{f}_j(x^u) - \hat{f}_j(x^u)| = \sum^n |1 - 1| = 0.$$

Відповідно до формули (3),

Отже, чим менше величина цільової функції сорту в діапазоні значень критеріїв досліджуваних сортів, тим вища придатність замороженої сировини до виготовлення цукатів. На цьому принципі заснована побудова ранжованого ряду і вибір у діапазоні значень критеріїв кращого для виготовлення цукатів з замороженої сировини сорту вишні.

### Результати досліджень

#### Динаміка величини втрати соку в плодах вишні при заморожуванні та подальшому зберіганні

Одним із найбільш важливих технологічних показників, що характеризують якість замороженої продукції, є величина втрати соку. Вона безпосередньо відображає ступінь структурних пошкоджень клітинної тканини плода. Визначення величини втрати соку дозволяє прогнозувати поведінку плодів у різних технологічних процесах, у тому числі таких, як осмотична дегідратація та сушіння цукатів. У таблиці 3.2.1 наведено результати впливу дефростації заморожених плодів вишні на величину втрати соку.

Таблиця 3.2.1

#### Величина втрати соку при дефростації заморожених плодів вишні (середнє за 2007-2019 рр.), %

Cultivar	Строки зберігання			LSD <sub>05</sub>
	Після заморожування	30 діб зберігання	90 діб зберігання	
Vstrecha	7,10±0,11	7,8±0,12	8,1±0,15	0,46
Ozhydanie	6,20±0,07	7,0±0,13	7,4±0,07	0,22
Shalunia	5,70±0,12	5,9±0,11	6,2±0,19	0,54
Siyanets Turovtsevoi	5,90±0,09	6,3±0,11	6,5±0,17	0,46
Griot Melitopolskyi	4,20±0,19	5,1±0,1	5,8±0,15	0,53
Melitopolska Purpurna	4,10±0,09	4,3±0,1	4,3±0,15	0,18
Modnytsia	4,60±0,15	5,1±0,16	5,3±0,16	0,33
Expromt	6,20±0,09	6,9±0,15	7,2 ±0,18	0,54
Solidarnist	6,80±0,19	7,4±0,25	8,0±0,19	0,70
Igrushka	6,10±0,21	6,9±0,18	7,4±0,19	0,77
Average value	5,7±0,18	6,3±0,16	6,6±0,17	0,75
LSD <sub>05</sub>	0,36	0,39	0,41	

Встановлено, що максимальні втрати клітинного соку відбувалися безпосередньо після заморожування плодів. У плодів вишні цей показник варіювався від 7,10% (сорт Встреча) до 4,00% (сорт Мелітопольська пурпурна). Отримані результати можна пояснити фізико-хімічними та структурними особливостями досліджуваних сортів вишні. Плоди з вищими показниками втрати соку містять більшу масову частку вільної вологи порівняно з тими, що мають мінімальні значення цього показника. Під час заморожування вільна волога формує більші кристали льоду, що може призводити до руйнування гістологічної структури. Імовірно, у плодах вишні сорту Встреча відсоток вільної вологи є значно нижчим, що сприяє утворенню дрібніших кристалів льоду при заморожуванні та забезпечує краще збереження гістологічної структури.

Крім того, сухі речовини вишні містять значно більше пектинових речовин, клітковини та органічних кислот порівняно з черешнею. Пектинові речовини та клітковина зміцнюють міжклітинні зв'язки, знижуючи ймовірність втрати клітинного соку після розморожування. Вищий вміст органічних кислот створює підвищений осмотичний тиск у клітинах, що сприяє утриманню вологи всередині них і забезпечує краще збереження гістологічної структури плодів. Отже, вищі втрати соку при дефростації плодів черешні, особливо ранніх сортів, зумовлені більш ніжною структурою м'якоті, нижчим вмістом сухих речовин, зокрема пектину, клітковини та органічних кислот, а також підвищеним вмістом вільної вологи.

У процесі зберігання зміни величини втрати клітинного соку після дефростації були несуттєвими порівняно з початковим етапом. Після 30 діб зберігання цей показник становив 4,3–7,8% залежно від сортових особливостей плодів. Максимальні втрати клітинного соку виявили у плодах черешні раннього строку досягання. Збільшення втрати соку в період від 30 до 90 діб зберігання було незначним і перебувало в межах статистичної похибки.

У результаті аналізу експериментальних досліджень встановлено, що серед досліджуваних сортів вишні мінімальні втрати клітинного соку після заморожування та тримісячного зберігання спостерігали у сорту Мелітопольська пурпурна, а максимальні – у сорту Встреча.

Отже, величина втрати клітинного соку при дефростації є важливим критерієм для оцінки структурної цілісності плодів, що впливає на ефективність осмотичної дегідратації та сушіння при виробництві цукатів. Оптимальні втрати соку забезпечують більш рівномірний процес дегідратації, збереження текстури та покращення органолептичних властивостей готових цукатів.

### **Динаміка сухих речовин в плодах вишні при заморожуванні та подальшому зберіганні**

Дослідження змін вмісту сухих речовин під час заморожування та подальшого зберігання плодів є важливим для виробництва якісних цукатів. За наявними літературними даними, числові значення цього показника та його зміни впливають на інтенсивність дегідратації, осмотичний баланс та якісні характеристики готових цукатів.

Враховуючи думки науковців щодо визначення якості напівфабрикатів з вишні за вихідними параметрами сухих речовин, дослідження їх вмісту в свіжих

плодах має велике значення. Такі дослідження також важливі на етапах зберігання та для наукового обґрунтування вибору сировини для виробництва цукатів.

У результаті досліджень встановлено, що мінімальне накопичення сухих речовин було виявлено у свіжих плодах вишні сорту Експромт – 16,48% (табл. 3.2.2).

Таблиця 3.2.2

**Динаміка сухих речовин у заморожених плодах вишні  
(середнє за 2007-2019 рр.), %**

Cultivar	Етапи контролю				LSD <sub>05</sub>
	Свіжі плоди	Після заморожування	30 діб зберігання	90 діб зберігання	
Vstrecha	17,87±2,81	13,21±0,55	13,06±0,40	12,87±0,38	1,58
Ozhydanie	18,31±2,02	16,54±0,20	16,13±0,13	16,02±0,18	0,48
Shalunia	17,94±2,70	16,83±0,30	16,87±0,18	16,68±0,29	0,42
Siyanets Turovtsevoi	19,02±3,53	17,75±0,21	17,45±0,11	17,23±0,07	0,31
Griot Melitopolskyi	20,63±3,31	19,37±0,08	19,14±0,13	19,09±0,11	0,32
Melitopolska Purpurna	17,79±2,81	16,88±0,05	17,08±0,08	17,02±0,07	0,15
Modnytsia	19,05±2,92	17,83±0,09	17,54±0,05	17,24±0,15	0,19
Exprompt	16,48±2,53	15,92±0,05	15,02±0,30	15,21±0,11	0,52
Solidarnist	17,03±3,63	15,08±0,11	15,28±0,11	15,37±0,10	0,37
Igrushka	18,58±2,80	15,13±0,08	15,13±0,09	15,04±0,11	0,35
Average value	18,27±3,00	16,45±0,24	16,26±0,24	16,18±0,23	
LSD <sub>05</sub>	0,59	0,67	0,52	0,53	

Плоди сорту Гріот Мелітопольський характеризувалися найвищим вмістом сухих речовин – 20,63% (за НІР<sub>05</sub> = 0,50). Збереженість сухих речовин у плодах вишні відразу після заморожування становила 70,4%–95,8% від їх вмісту в свіжих плодах. Найвищий вміст сухих розчинних речовин у свіжозаморожених плодах відзначено у сорту Гріот Мелітопольський (19,37%).

Заморожені плоди вишні сорту Гріот Мелітопольський як до, так і після 90 діб зберігання характеризувалися стабільним максимальним вмістом сухих речовин на рівні 19,09–20,63%. Вміст цього показника після заморожування та на

всіх етапах зберігання залишався стабільним, а незначні зміни були статистично недостовірними ( $HP05 = 0,15-1,57\%$ ).

Отже, на основі аналізу експериментальних даних можна підсумувати, що основні втрати сухих речовин, незалежно від сортових особливостей плодів, відбуваються на етапі заморожування. Тому, для наукового обґрунтування придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів, будемо використовувати діапазон даних саме цього етапу контролю.

### **Динаміка цукрів у плодах вишні при заморожуванні та подальшому зберіганні**

Найбільш важливими сухими речовинами, що безпосередньо впливають на формування якості готових цукатів, є цукри та органічні кислоти. Вміст цукрів визначає інтенсивність процесу дегідратації, осмотичний тиск, а також смакові властивості готового продукту. Органічні кислоти, у свою чергу, формують цукрово-кислотний баланс і забезпечують збереження текстури плодів.

З цієї точки зору дослідження змін вмісту цих компонентів хімічного складу під час заморожування та подальшого зберігання має особливе значення для наукового обґрунтування вибору сировини для виробництва цукатів.

У свіжих плодах вишні мінімальне накопичення цукрів було зафіксовано у плодах сортів Експромт та Солідарність – 10,4% і 10,7% відповідно (табл. 3.3).

*Таблиця 3.2.3*

### **Динаміка цукрів у заморожених плодах вишні (%), середнє за 2007-2019 рр.**

Cultivar	Етапи контролю				LSD <sub>05</sub>
	Свіжі плоди	Після заморожування	30 днів зберігання	90 днів зберігання	
Vstrecha	10,80±1,51	8,4±0,53	8,1±0,24	8,0±0,15	1,03
Ozhydanie	11,69±1,90	10,2±0,16	10,1±0,11	10,1±0,17	0,45
Shalunia	10,84±1,92	9,1±0,13	8,9±0,14	8,8±0,14	0,41
Siyanets Turovtsevoi	11,55±2,43	10,3±0,10	10,6±0,09	10,2±0,19	0,39
Griot Melitopolskyi	12,19±2,51	11,0±0,37	10,9±0,48	10,9±0,13	0,99
Melitopolska Purpurna	11,33±2,20	10,4±0,06	10,1±0,09	10,0±0,07	0,26
Modnytsia	11,73±2,84	10,8±0,08	10,5±0,07	10,4±0,09	0,17
Expromt	10,35±1,73	9,3±0,05	9,2±0,06	9,2±0,09	0,29
Solidarnist	10,70±2,72	7,9±0,13	7,8±0,07	7,8±0,10	0,42
Igrushka	11,59±2,21	10,2±0,07	10,0±0,10	10,0±0,09	0,27
Average value	11,28±2,20	9,9±0,15	9,6±0,16	9,5±0,15	
LSD <sub>05</sub>	0,50	0,65	0,55	0,39	

Високим вмістом цукрів (11,6–11,8%) характеризувалися плоди сортів Ожиданіє, Солідарність, Модниця, Шалунья, Сіянець Туровцевої ( $HP_{05} = 0,50$ ). Максимальний вміст цукрів у плодах вишні був зафіксований у сорту Гріот Мелітопольський – 12,2%.

Процес заморожування супроводжувався статистично достовірним зниженням вмісту цукрів у плодах незалежно від виду та строку досягання. Відсоток збереженості цукрів у плодах вишні варіював від 90,2% до 92,3% у сортах Гріот Мелітопольський, Модниця, Мелітопольська пурпурна. Найменшу збереженість цукрів (73,8%) виявили у плодах сорту Солідарність. Зниження вмісту цукрів спостерігали впродовж зберігання 30 та 90 діб, але ці зміни були статистично недостовірними.

Отже, на основі аналізу експериментальних даних можна підсумувати, що основні втрати цукрів, незалежно від сортових особливостей плодів, відбуваються на етапі заморожування. Тому для наукового обґрунтування придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів будемо використовувати діапазон даних саме цього етапу контролю

Динаміка титрованих кислот у плодах вишні при заморожуванні та подальшому зберіганні

За даними Philippon J., частка органічних кислот у складі сухих розчинних речовин плодів є незначною. Встановлено, що основна частина органічних кислот у плодах нейтралізована. Вона представлена у вигляді нейтральних солей, які не мають властивостей титрованих кислот. Саме наявність титрованих кислот – вільних кислот та їх кислих і середніх солей визначає смак плодів. У свіжих плодах вишні середній вміст титрованих кислот становить 1,51 % (табл. 3.2.4).

Таблиця 3.2.4

**Динаміка титрованих кислот у заморожених плодах вишні (%), середнє за 2007-2019 рр.**

Cultivar	Етапи контролю				LSD <sub>05</sub>
	Свіжі плоди	Після заморожування	30 діб зберігання	90 діб зберігання	
Vstrecha	1,45±0,38	1,27±0,019	1,25±0,01	1,25±0,01	<b>0,07</b>
Ozhydanie	1,51±0,31	1,39±0,013	1,35±0,01	1,33±0,01	<b>0,02</b>
Shalunia	1,49±0,34	1,40±0,032	1,40±0,07	1,39±0,01	<b>0,13</b>
Siyanets Turovtsevoi	1,62±0,30	1,57±0,007	1,55±0,01	1,53±0,01	<b>0,04</b>
Griot Melitopolskyi	1,65±0,31	1,61±0,01	1,62±0,01	1,61±0,01	<b>0,03</b>
Melitopolska Purpurna	1,26±0,31	1,19±0,01	1,17±0,01	1,19±0,01	<b>0,02</b>
Modnytsia	1,26±0,26	1,21±0,01	1,20±0,03	1,20±0,03	<b>0,07</b>
Expromt	1,40±0,22	1,29±0,01	1,27±0,06	1,30±0,01	<b>0,19</b>
Solidarnist	1,79±0,26	1,65±0,01	1,62±0,01	1,70±0,07	<b>0,12</b>

Igrushka	1,65±0,30	1,60±0,07	1,60±0,03	1,60±0,05	<b>0,14</b>
Average value	1,51±0,33	1,42±0,02	1,41±0,02	1,41±0,02	
LSD <sub>05</sub>	0,26	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	

У результаті дослідження якості свіжих плодів вишні встановлено, що мінімальне накопичення вмісту титрованих кислот (1,26%) спостерігали у сортів Мелітопольська Пурпурна та Модниця (НІР<sub>05</sub> 0,26%). Максимальний вміст титрованих кислот зафіксовано у сорту Солідарність – 1,79%. Загалом, вміст титрованих кислот у свіжих та заморожених плодах виявив високу стабільність, незалежно від сорту та строків досягання. Збереженість титрованих кислот у плодах вишні на етапі відразу після заморожування становить 87,6–100% від їх вмісту у свіжих плодах.

У сортозразках вишні після 90 діб зберігання збереженість титрованих кислот відносно свіжозаморожених плодів становила 95,7–100,0%. Незначне підвищення вмісту титрованих кислот у межах 0,03–0,8% зафіксовано у сортів Експромт та Солідарність. Явище стабілізації титрованих кислот спостерігається як на етапі заморожування, так і під час тривалого низькотемпературного зберігання. Науковці пояснюють це тим, що поповнення зруйнованих під впливом низьких температур кислотних форм у плодах черешні та вишні відбувається за рахунок розпаду цукрів.

У результаті дослідження придатності плодів вишні до зберігання за вмістом титрованих кислот протягом 90 діб встановлено, що серед заморожених сортозразків найвищий їх вміст зафіксовано у сортів Гріот Мелітопольський (0,61%) та Солідарність (0,71%) при НІР<sub>05</sub> – 0,11%

На основі аналізу експериментальних даних можна підсумувати, що збереженість титрованих кислот у свіжих та заморожених плодах вишні має високу стабільність. Коливання вмісту титрованих кислот у плодах вишні для всіх сортів є статистично недостовірним. Тому, в якості критеріального показника для наукового обґрунтування придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів будемо використовувати діапазон даних на етапі контролю – відразу після заморожування.

Динаміка аскорбінової кислоти у плодах вишні при заморожуванні та подальшому зберіганні

Одним із найбільш важливих фітонутрієнтів, що визначає біологічну цінність плодів черешні та вишні, є вітамін С, або L-аскорбінова кислота. Сучасні технології холодильної обробки рослинних продуктів оцінюються за кількісними змінами вмісту вітамінів у сировині, зокрема, такого лабільного компонента, як аскорбінова кислота.

Середній вміст аскорбінової кислоти у свіжих сортозразках вишні становить 9,17 мг/100 г (табл. 3.2.5).

Мінімальний вміст аскорбінової кислоти у свіжих плодах вишні зафіксовано у сорту Гріот Мелітопольський (8,23 мг/100 г), а максимальний (10,44 мг/100 г) у плодів сорту Шалунья при НІР<sub>05</sub> 0,77 мг/100 г. Процес заморожування супроводжувався статистично достовірним зниженням вмісту аскорбінової кислоти у плодах досліджуваної культури. Відразу після заморожування у зразках плодів вишні сорту Солідарність (4,01 мг/100 г) спостерігали найвищу

збереженість аскорбінової кислоти – 43,92%. У плодах сорту Ігрушка (2,18 мг/100 г) відразу після заморожування зафіксували найменшу збереженість аскорбінової кислоти – 24,91%.

Таблиця 3.2.5

**Динаміка аскорбінової кислоти у заморожених плодах вишні (середнє за 2007-2019 рр.), %**

Cultivar	Етапи контролю				LSD <sub>05</sub>
	Свіжі плоди	Після заморожування	30 діб зберігання	90 діб зберігання	
Vstrecha	9,59±1,34	2,89±0,023	2,82±0,01	2,84±0,01	<b>0,02</b>
Ozhydanie	8,97±1,68	2,34±0,01	2,14±0,01	2,20±0,01	<b>0,03</b>
Shalunia	10,44±2,11	3,56±0,014	3,43±0,01	3,48±0,01	<b>0,04</b>
Siyanets Turovtsevoi	10,10±2,29	3,67±0,02	3,61±0,01	3,61±0,01	<b>0,05</b>
Griot Melitopolskyi	8,23±1,28	2,45±0,01	2,43±0,01	2,44±0,01 2	<b>0,03</b>
Melitopolska Purpurna	8,44±1,20	3,01±0,01	3,00±0,01	3,00±0,01	<b>0,04</b>
Modnytsia	9,00±1,65	3,02±0,02	2,91±0,21	2,99±0,01	<b>0,34</b>
Expromt	9,00±2,18	2,65±0,01	2,61±0,01	2,59±0,01	<b>0,02</b>
Solidarnist	9,13±1,67	4,01±0,03	3,89±0,04	3,90±0,05	<b>0,04</b>
Igrushka	8,75±1,21	2,18±0,0	2,16±0,01	2,17±0,01	<b>0,03</b>
Average value	9,17±1,77	2,99±0,08	2,90±0,09	2,92±0,08	
LSD <sub>05</sub>	0,77	<b>0,06</b>	<b>0,21</b>	<b>0,06</b>	

Збереженість аскорбінової кислоти після 90 діб зберігання, порівняно з втратами після заморожування, коливається в діапазоні 97,26–99,67%. Найвищий вміст аскорбінової кислоти зафіксовано в плодах сорту Солідарність (3,90 мг/100 г).

На основі аналізу експериментальних даних можна підсумувати, що основні втрати аскорбінової кислоти, незалежно від сортових особливостей плодів, відбуваються на етапі заморожування. Тому, як критеріальний показник для наукового обґрунтування придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів, будемо використовувати діапазон даних саме цього етапу контролю.

Динаміка суми фенольних сполук у плодах вишні при заморожуванні та подальшому зберіганні

У плодах вишні різних сортів науковцями України було виявлено 20 фенольних сполук. У рослинному світі фенольні сполуки є природними антиоксидантами, які здатні окиснювати вітамін С, а він, у свою чергу, стабілізує дію біофлавоноїдів. Цей біохімічний синергізм природних антиоксидантів є одним із факторів, що забезпечує збереження якості плодової сировини протягом

тривалого періоду. З огляду на це, якість сортів вишні на придатність до заморожування доцільно оцінювати за кількісними змінами фенольних сполук та ступенем їх збереження.

Дослідженнями встановлено, що вміст фенольних речовин у свіжих плодах вишні коливався від мінімального показника 164,97 мг/100г у сорту Експромт до максимального – 243,14 мг/100 г у сорту Мелітопольська пурпурна (табл. 3.2.6).

Таблиця 3.2.6

**Динаміка суми фенольних сполук у заморожених плодах вишні (середнє за 2007-2019 рр.), мг/100 г**

Сорт	Етапи контролю				LSD <sub>05</sub>
	Свіжі плоди	Після заморожування	30 діб зберігання	90 діб зберігання	
Vstrecha	198,725±28,801	78,36±0,046	72,81±0,011	72,80±0,014	<b>0,076</b>
Ozhydanie	218,823±39,213	85,17±0,019	81,23±0,015	82,67±0,039	<b>0,069</b>
Shalunia	197,487±22,458	89,24±0,018	82,15±0,019	86,14±0,014	<b>0,235</b>
Siyanets Turovtsevoi	224,615±28,776	95,15±0,019	90,36±0,024	94,81±0,018	<b>0,055</b>
Griot Melitopolskyi	193,264±25,662	81,13±0,005	80,99±0,006	81,01±0,14	<b>0,086</b>
Melitopolska Purpurna	243,143±45,721	89,76±0,023	84,12±0,033	83,99±0,048	<b>0,083</b>
Modnytsia	168,275±19,512	83,43±0,013	82,15±0,013	82,29±0,015	<b>0,068</b>
Expromt	164,975±20,670	65,17±0,024	60,35±0,013	60,00±0,148	<b>0,227</b>
Solidarnist	196,584±24,147	70,65±0,012	70,29±0,019	71,01±0,034	<b>0,116</b>
Igrushka	185,474±18,383	80,89±0,036	80,6±0,01	81,02±0,037	<b>0,091</b>
Average value	199,137±36,016	81,90±1,21	78,512±1,15	79,57±1,29	
LSD <sub>05</sub>	1,778	<b>0,063</b>	<b>0,048</b>	<b>0,215</b>	

Найвищий вміст фенольних сполук (224,61 мг/100 г) зафіксували у плодах сорту Сіянець Туровцевої при НІР<sub>05</sub> 0,05 мг/100 г. Процес заморожування супроводжувався статистично достовірним зниженням вмісту фенольних речовин у плодах вишні незалежно від строку досягання. Збереженість цього показника якості через 90 діб зберігання коливається в діапазоні від 92,07% до 99,64% порівняно з втратами фенольних речовин відразу після заморожування. На останньому етапі зберігання найбільшу кількість фенольних речовин спостерігали в плодах сорту Сіянець Туровцевої (94,81 мг/100 г), а найменшу – у сорту Експромт (60,00 мг/100 г) при НІР<sub>05</sub> 0,21 мг/100 г.

Через 3 місяці зберігання при дефростації в плодах вишні двох сортів було зафіксовано випадки збільшення кількості фенольних сполук в межах 0,16–0,50%. У заморожених плодах сортів Ігрушка та Солідарність спостерігали збільшення вмісту фенольних сполук на 0,13–0,36 мг/100 г порівняно із показником відразу

після заморожування ( $НІР_{05}$  0,09–0,11 мг/100 г). Це обумовлено розпадом складних комплексів речовин, до складу яких входять БАР фенольної природи.

На основі аналізу експериментальних даних можна підсумувати, що основні втрати фенольних речовин, незалежно від сортових особливостей плодів, відбуваються на етапі заморожування. Тому, як критеріальний показник для наукового обґрунтування придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів, будемо використовувати діапазон даних саме цього етапу контролю.

Сенсорна оцінка плодів вишні в свіжому та замороженому стані коливається у межах від 7,7 до 8,7 балів (табл. 3.2.7).

Таблиця 3.2.7

## Сенсорна оцінка заморожених плодів вишні, середнє за 2007-2019 рр.

Сорт	Етапи контролю				LSD <sub>05</sub>
	Свіжі плоди	Після заморожування	30 діб зберігання	90 діб зберігання	
Vstrecha	8,5±0,05	8,1±0,07	8,1±0,04	8,1±0,03	<b>0,171</b>
Ozhydanie	8,6±0,05	8,0±0,03	8,0±0,03	8,0±0,05	<b>0,135</b>
Shalunia	8,5±0,04	8,2±0,06	8,2±0,07	7,9±0,03	<b>0,129</b>
Siyanets Turovtsevoi	8,5±0,03	7,9±0,1	7,9±0,03	7,8±0,04	<b>0,186</b>
Griot Melitopolskyi	8,7±0,06	8,0±0,03	8,0±0,04	8,0±0,03	<b>0,178</b>
Melitopolska Purpurna	8,6±0,03	7,9±0,1	7,9±0,03	7,9±0,05	<b>0,176</b>
Modnytsia	8,7±0,03	7,8±0,05	7,8±0,04	7,8±0,05	<b>0,101</b>
Expromt	8,5±0,03	7,7±0,05	7,7±0,03	7,7±0,05	<b>0,101</b>
Solidarnist	8,4±0,04	8,0±0,03	8,0±0,03	7,9±0,03	<b>0,097</b>
Igrushka	8,6±0,03	8,1±0,03	8,1±0,04	8,1±0,08	<b>0,146</b>
Average value	8,6±0,04	8,0±0,03	7,9±0,02	7,92±0,02	
LSD <sub>05</sub>	<b>0,104</b>	<b>0,182</b>	<b>0,126</b>	<b>0,134</b>	

Плоди сортів Гріот Мелітопольський та Модниця у свіжому вигляді отримали найвищу оцінку – 8,7 балів ( $НІР_{05}$  0,10 балів). Найнижчі сенсорні показники зафіксовані для плодів сорту Солідарність – 8,4 бали. Аналіз сенсорних характеристик свіжозаморожених плодів показав, що найкращими відразу після заморожування виявилися сорти Шалуня (8,2 бали), Ігрушка та Встреча (8,1 бали) при  $НІР_{05}$  0,18. Відразу після заморожування до фінального етапу зберігання отримані співставні сенсорні оцінки плодів. Через 3 місяці зберігання максимально високі сенсорні параметри зберегли плоди сортів Встреча та Ігрушка (8,1 бали).

На основі аналізу експериментальних даних можна зробити висновок, що основні втрати якості сенсорних властивостей сировини, залежно від сортових

особливостей плодів, відбуваються на етапі заморожування. Тому для наукового обґрунтування придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів критеріальним показником буде діапазон даних саме цього етапу контролю.

Аналіз результатів визначення придатності сортів вишні для виробництва цукатів із заморожених плодів методом багатокритеріальної оптимізації

Функціонально-технологічні та сенсорні показники якості заморожених напівфабрикатів вишні в абсолютних значеннях наведено у таблиці 3.2.8.

Таблиця 3.2.8

**Функціонально-технологічні показники плодів вишні для розрахунку цільових функцій  $\varphi(x_1) \dots \varphi(x_{10})$  при виборі оптимального сорту заморожених плодів вишні**

Альтернативи, $X_i$	Сорт	Критерії, $A_j$							Значення цільових функцій, $\varphi(x_i)$	Ранг
		Величина втрати соку (%), $A_1$	Сухі розчинні речовини (%), $A_2$	Цукри, (V, %), $A_3$	Титровані кислоти, (%), $A_4$	Фенольні речовини, (мг на 100 г), $A_5$	Вітамін С, (мг на 100 г), $A_6$	Сенсорна оцінка, (бал), $A_7$		
		$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$		
$X_1$	Vstrecha	7,1	15,9	10,8	1,45	198,725	9,59	8,5	3,30	9
$X_2$	Ozhydanie	6,2	16,3	11,7	1,51	218,82	8,97	8,6	2,41	4
$X_3$	Shalunia	5,7	15,9	10,8	1,49	197,487	10,44	8,5	2,62	5
$X_4$	Siyanets Turovtsevoi	5,9	17	11,6	1,62	224,615	10,1	8,5	1,71	2
$X_5$	Griot Melitopolskyi	4,2	18,6	12,2	1,65	193,264	8,23	8,7	1,45	1
$X_6$	Melitopolska Purpurna	4,1	15,8	11,3	1,26	243,143	8,44	8,6	2,37	3
$X_7$	Modnytsia	4,6	17,1	11,7	1,26	168,275	9	8,7	2,75	7
$X_8$	Exprompt	6,2	14,5	10,4	1,4	164,975	9	8,5	4,20	10
$X_9$	Solidarnist	6,8	15	10,7	1,79	196,584	9,13	8,4	3,18	8
$X_{10}$	Igrushka	6,1	16,6	11,6	1,65	185,474	8,75	8,6	2,62	6

Для наукового обґрунтування вибору сорту вишні для заморожування та подальшого виробництва цукатів були проведені розрахунки відповідно до розробленого алгоритму.

Ранговий рейтинг плодів сортів вишні (табл. 3.2.9.) свідчить про те, що значення цільових функцій були в діапазоні від  $\varphi(x_5) = 1,45$  (Гріот Мелітопольський) до  $\varphi(x_8) = 4,20$  (Експромт).

Таблиця 3.2.9

**Результати визначень цільових функцій  $\varphi(x_1)\dots\varphi(x_{10})$  при виборі оптимального сорту заморожених плодів вишні**

Альтернативи, $X_i$	Сорт	Критерії, $A_j$							Значення цільових функцій, $\varphi(x_i)$	Ранг
		Величина втрати соку (%), $A_1$	Сухі речовини речовини (%), $A_2$	Цукри, (V, %), $A_3$	Титровані кислоти, (%), $A_4$	Фенольні речовини, (мг на 100 г), $A_5$	Вітамін С, (мг на 100 г), $A_6$	Сенсорна оцінка, (бал), $A_7$		
		$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$		
$X_1$	Vstrecha	0,13	0,30	0,32	0,38	0,43	0,58	0,55	3,30	9
$X_2$	Ozhydanie	0,37	0,39	0,64	0,48	0,69	0,39	0,64	2,41	4
$X_3$	Shalunia	0,50	0,30	0,32	0,44	0,42	0,84	0,55	2,62	5
$X_4$	Siyanets Turovtsevoi	0,45	0,54	0,61	0,65	0,76	0,74	0,55	1,71	2
$X_5$	Griot Melitopolsk yi	0,89	0,89	0,82	0,70	0,36	0,16	0,73	1,45	1
$X_6$	Melitopolsk a Purpurna	0,92	0,28	0,50	0,08	0,99	0,22	0,64	2,37	3
$X_7$	Modnytsia	0,79	0,57	0,64	0,08	0,05	0,40	0,73	2,75	7
$X_8$	Expromt	0,37	0,00	0,18	0,30	0,01	0,40	0,55	4,20	10
$X_9$	Solidarnist	0,21	0,11	0,29	0,92	0,41	0,44	0,45	3,18	8
$X_{10}$	Igrushka	0,39	0,46	0,61	0,70	0,27	0,32	0,64	2,62	6
	$f_j^-$	3,8	14,50	9,90	1,21	164,48	7,73	7,90		
	$f_j^+$	7,6	19,10	12,70	1,84	243,64	10,94	9,00		
	$f_j^{omm}$	7,1 (max)	19,1 (max)	12,7 (max)	1,84 (max)	243,64 (max)	10,94 (max)	9 (min)		

Найвищий, десятий ранг та найменшу придатність плодів до виготовлення цукатів із замороженої сировини було визначено у сорту Експромт. Заморожені плоди сортів Встреча, Солідарність, Модниця, Ігрушка, Шалунья, Ожіданіє, Мелітопольська пурпурна, Сіянець Туровцевої мали 2–8 ранги за критеріальними показниками якості плодів щодо придатності до виготовлення цукатів. Значення цільових функцій у перелічених сортів були в діапазоні від  $\varphi(x_1) = 3,30$  до  $\varphi(x_4) = 1,71$ .

Отже, проведені розрахунки дозволяють зробити висновок про різну ступінь придатності сортів вишні до процесу виготовлення цукатів, що є важливим етапом у виборі оптимальної сировини для подальшого виробництва.

У результаті якісного аналізу заморожених плодів вишні встановлено, що кращим за збалансованістю якісних показників виявився сорт Гріот Мелітопольський (1 ранг) –  $\varphi(x_5) = 1,45$ . До оптимального комплексу фізико-біохімічних та органолептичних критеріїв для плодів вишні були включені: величина втрати соку відразу після заморожування не вище 4,2%; початкова концентрація сухих розчинних речовин - 18,60%; цукрів – 12,20%; титрованих кислот–1,65%; вітаміну С – 8,23 мг/100 г; сума фенольних сполук – 193,264 мг/100 г; сенсорна оцінка – 8,7 балів.

### Висновки до розділу 3.2

Проведений аналіз якості плодів вишні за функціонально-технологічними та сенсорними параметрами в свіжому та замороженому стані дозволив визначити оптимальний строк зберігання плодів вишні для виробництва якісних цукатів із замороженої сировини.

Встановлено, що основні втрати якості сировини залежно від сортових особливостей плодів відбуваються на етапі заморожування. Тому доцільно використовувати діапазон даних саме цього етапу як критеріальний показник для наукового обґрунтування придатності сортів вишні до виробництва цукатів із заморожених плодів.

Метод багатокритеріальної оптимізації дозволив ранжувати плоди різних сортів вишні за всіма показниками та виділити сорт вишні Гріот Мелітопольський як найбільш придатний до заморожування та подальшого виробництва цукатів за комплексом фізико-біохімічних та органолептичних характеристик.

За результатами багатокритеріальної оптимізації було розроблено комплекс фізико-біохімічних та органолептичних критеріїв, а також їх значення, які слугуватимуть маркерами при оцінці сортової придатності плодів вишні до заморожування та подальшого виробництва цукатів.

Запропонований метод багатокритеріальної оптимізації сортів вишні за комплексом функціонально-технологічних та сенсорних показників, що базується на методі геометричної згортки критеріїв, дозволяє забезпечити об'єктивність оцінки та сприяє ефективному прийняттю рішень при визначенні кращого сорту вишні. Це, в свою чергу, допомагає оптимізувати процес вибору замороженої сировини для виробництва цукатів.

Подальші дослідження в напрямку багатокритеріальної оптимізації сортів вишні можуть бути спрямовані на адаптацію методу геометричної згортки критеріїв до різних сфер виробництва. Також важливим є розширення критеріїв оцінки якості вишні, що впливають на кінцеві показники продукції. Майбутні роботи можуть передбачати розробку інтегрованих моделей, що поєднують дані сенсорного аналізу з результатами лабораторних досліджень для створення більш точних прогнозів якості замороженої сировини. Це дозволить оптимізувати процеси вибору і підготовки сировини для виробництва цукатів основі вишні, з урахуванням сучасних вимог до якості та безпеки харчових продуктів.

## Список публікацій за розділом 3.2

### *Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Ivanova I., Serdiuk M., Tymoshchuk T., Drobitko A., Pyurko O., Muliенок Y. A multi-criteria strategy for assessing the quality of frozen raw cherry fruits. Innovative approaches in food processing and sustainability : collective monograph / (Ed.) O. Priss. Tallinn : Harju maakond Estonia, 2025. Ch. 2. P. 30–52. DOI: <https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-2-2.ch2>
2. Ivanova I., Serdyuk M., Tymoshchuk T., Stotska S., Smahlii V., Slobodnyuk N., Golembovska N., Zahorko N. Substantiating the criteria for evaluating the quality of frozen sweet cherry fruits using the method of multi-criteria optimization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 135, Iss. 11. P. 71. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.331599
3. Ivanova I., Serdyuk M., Tymoshchuk T., Kravchuk M., Lomeiko O., Bakalova A., Klymenko T., Drobitko A., Arabadzhy-Tipenko L., Pyurko O., Zahorko N. New Approaches to Assessing the Quality of Cherry Fruit. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*. 2025. Vol. 13, No. 1. P. 44–56. DOI: 10.5281/zenodo.15315497.
4. Olesia Priss, Marina Serdiuk, Tetiana Kolisnychenko, Iryna Ivanova, Liudmyla Kiurcheva, Mykola Danchenko, Nadiia Zahorko, Pavlo Bulhakov. Innovative approaches in food processing and sustainability : collective monograph / (Ed.) O. Priss. Tallinn : Harju maakond Estonia, 2025. <https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-2-2.ch8>
5. Olesia Priss, Liudmyla Kiurcheva, Serhii Holiachuk. Reducing losses during storage of fruit vegetables: regulation of postharvest metabolism. Innovative approaches in food processing and sustainability : collective monograph / (Ed.) O. Priss. Tallinn : Harju maakond Estonia, 2025. <https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-2-2.ch8>
6. L. Kiurcheva., S. Holiachuk., Chapter 2 "The advantages of using sublimation for preserving the antioxidant properties of cranberries". Monograph "Food technology progressive solutions"., Scientific Route OÜ, 2024. <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch2>
7. Food technology progressive solutions : Collective monograph./ Priss, O., Glowacki, S., Kiurcheva, L., Holiachuk, S., Samoichuk, K., Verkholantseva, V. et al.; Priss, O. (Ed.). Tallinn: Scientific Route OÜ, 2024. pp. 268.
8. I.Palamarchuk. S.Kiurchev. L.Kiurcheva. V.Verkholantseva. Analysis of Main Process Characteristics of Infrared Drying in the Moving Layer of Grain Produce. Modern Development Parts of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG -3.06.2019. P.317-323. DOI:10.35784/iapgos.3487

**Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз**

9. Іванова, І., Кюрчева, Л., Кривонос, І., & Філенко, М. (2024). Застосування методу багатокритеріальної оптимізації для визначення сортопридатності плодової сировини до виробництва цукатів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 14(1). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-22>
10. Іванова І.Є., Сердюк М.Є. Використання органічних кислот для пролонгації терміну зберігання черешні. *Мат. міжн. наук.-практ. конф. «Інноваційні технології виробництва, логістики та переробки продукції рослинництва»* 2-3.06.25. НУБіП України. 100-102. [https://old.nubip.edu.ua/sites/default/files/u152/zbirnik\\_mat\\_mizhn\\_konf\\_110r\\_b.v.1\\_esika\\_2-3-06-25\\_1.pdf](https://old.nubip.edu.ua/sites/default/files/u152/zbirnik_mat_mizhn_konf_110r_b.v.1_esika_2-3-06-25_1.pdf)
11. Сердюк М., Бандура В., Колісніченко Т., Сефіханова К. Розробка джемів із локальної сировини зі зниженим глікемічним індексом. *Technical sciences.Herald of Khmelnytskyi national university*, Issue 3, part 2, 2025 (353). С.160-166. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-353-22>
12. Сердюк М. Є., Бандура В. М., Колісніченко Т. О., Сефіханова К. А. Моделювання рецептури мультизлакових пудингів з плодово-ягідною сировиною для здорового дитячого харчування. *Вісник національного технічного університету "хпї". серія: нові рішення в сучасних технологіях. Збірник наукових праць № 2(24)' 2025. С.97-104.*doi:10.20998/2413-4295.2025.02.14
13. Бандура, В. М., Прісс, О. П., Колісніченко, Т. О., & Сердюк, Д. І. (2025). Розробка рецептури низькокалорійного лимонадного концентрату з використанням натуральних підсолоджувачів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*, 25(1), 85-92. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-1-10>.
14. Кучерявий В.В., Кюрчева Л.М. Сучасні способи сушіння полуниці. «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв»: Матеріали II Міжнар.наук.-практ.конф., (24 грудня 2024р.) відп. За випуск А.Кайнаш, М.Будник.-Полтава: ПДАУ, 2024.-С.52-55. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/proceedings\\_zbirnik\\_tez\\_molodih\\_vchenih\\_2024.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/proceedings_zbirnik_tez_molodih_vchenih_2024.pdf)
15. Igor Palamarchuk, Olesia Priss, Oksana Zozulyak, Liudmyla Kiurcheva, Oksana Vasylenko, Konstantyn Dyadyura, Zdzislawa Romanowska-Duda, Andrzej Obraniak, Szymon Szufa 6, Taras Hutsol. Hybrid Technology of Beet Pulp Dewatering with Process Intensification in a Convection Dryer as an Element of Sustainable Processing of Agro-Industrial Waste into Bioenergy. *Sustainability* 2025, 17(22), 10327; <https://doi.org/10.3390/su172210327>
16. Priss, O. P., Bulhakov, P. O., Kolisnychenko, T. O., & Gazzavi-Rogozina, L. V. (2023). Using Protective Coating for Reduction of Losses While Storing Asparagus. *Proceedings of Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*, 23(1), 188-198. 10.31388/2078-0877-2023-23-1-188-198
17. Hutsol, T., Priss, O., Kiurcheva, L., Serdiuk, M., Panasiewicz, K., Jakubus, M., Barabasz, W., Furyk-Grabowska, K., Kukharets, M. (2023). Mint Plants (Mentha)

as a Promising Source of Biologically Active Substances to Combat Hidden Hunger. *Sustainability*, 15, 11648. <https://doi.org/10.3390/su151511648>

18. Кузнецова В. Ю., Кисличенко В. С., Горячая Л. Н., Сущук Н. А. Процианидины плодов клюквы и смородины черной. Вестник ЮКГФА. 2017. №4 (81), Т. VI. С. 5–8

19. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А. ...& Іванова І. Є. Дослідницький практикум. Ч.1.Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: Люкс, 2020. 364 с.

### Тема 3.3 Розроблення технологій харчової і кулінарної продукції з функціональними властивостями

**Керівник теми:** Колісниченко Т.О.

**Виконавці:** Прісс О. П.,  
Андрущенко М. В.,  
Гончар Ю.М.

**Реферат.** Теоретично обґрунтовано та розроблено рецептури крафтових напоїв (концентрованого чаю) функціонального призначення. Проведено підбір плодово-ягідної сировини та досліджено склад біологічно-активних речовин в сировині. Проведено органолептичні та мікробіологічні дослідження розробленої продукції.

На основі положень стратегії інноваційного розвитку було сформульовано робочу гіпотезу, яка передбачає, що використання рослинної сировини як джерела низькоетерифікованих пектинових речовин та кисломолочної сироватки як джерела білків, кальцію, фосфору, низьколактозних речовин, з направленим регулюванням функціонально-технологічних властивостей під час сквашування та згущення, з використанням низьколактозного напівфабрикату на основі молочної сироватки, дозволить отримати функціональний емульгований соус.

Узагальнення досліджень зі створення продуктів для покращення харчового статусу людини є актуальним завданням для фахівців харчової галузі. Сучасні технології активно використовують функціональні інгредієнти з підвищеними захисними властивостями і кращими технологічними характеристиками. Це сприяє розробці інноваційних рецептур і технологій для збагачення раціону біологічно активними компонентами, зниження ризиків харчозалежних хвороб та формування культури здорового харчування. Це вимагає подальших досліджень для оптимізації складу, технологій та сенсорних властивостей продуктів із високою харчовою цінністю, зі зниженим глікемічним індексом, безпечністю й привабливими характеристиками.

#### Мета дослідження

*Метою* дослідження стало обґрунтування рецептур напоїв та соусів з розширеними оздоровчими функціями.

Для досягнення мети були поставлені завдання:

- обґрунтування підбору плодово-ягідної сировини, вивчення та дослідження складу біологічно-активних речовин підібраної сировини;
- дослідження хімічного складу, фізико-хімічних показників дикорослих та культивованих ягід;
- дослідження органолептичних, мікробіологічних і технологічних показників дослідних зразків крафтових напоїв.

*Об'єкт досліджень* – напої функціонального призначення.

*Предмет досліджень* – характеристики плодово-ягідної сировини дикорослої та культивованої, молочна сироватка, модельні харчові системи, що утримують означені види сировини.

## Матеріали та методи дослідження

Під час виконання роботи було використано загальноприйняті та стандартні методи досліджень, що забезпечать виконання поставлених завдань. Дослідження якості та безпечності сировини та готових крафтових концентрованих чаїв проводились відповідно до вимог державних стандартів. З метою розробки рецептури крафтових напоїв функціонального призначення на основі плодово-ягідної сировини була розроблена схема теоретичних та експериментальних досліджень.

Так, для проведення органолептичних досліджень використовували ДСТУ 4069-2016 «Напої безалкогольні» та п'ятибальну шкалу з коефіцієнтом вагомості [1, 2]. Результати аналізу відображались у вигляді графічних таблиць та діаграм. Під час органолептичного аналізу визначали зовнішній вигляд, консистенцію, колір, смак та запах продукції. Для більш детального дослідження кожна група показників була розділена на сегменти:

- 1) під час оцінювання зовнішнього вигляду та консистенції плодово-ягідного чаю визначали однорідність, відсутність включень, текучість і щільність.
- 2) під час оцінювання кольору – однорідність, виразність, природність та інтенсивність; смаку – виразність, збалансованість, швидкість випуску, чистоту, натуральність; запаху – виразність, відповідність виду використовуваної сировини, стійкість, чистоту.

Дослідження якості меду відбувалась відповідно до ДСТУ 4497:2005 Мед натуральний. Технічні умови. [3] Відповідно до цього стандарту було проведено визначення: масової частки води, діастазного числа, кислотності, органолептичних показників; можливої фальсифікації.

Для мікробіологічного аналізу проб застосовувалися стандарти ДСТУ 8051:2015 та ISO / TS 17728:2015, а для підготовки проб – стандарти ДСТУ 7963:2015 та ISO 6887-1:2017. Випробування проводилися з урахуванням вимог МБТ № 5061 (хоча ці МБТ втратили актуальність, проте 66 кількісних та якісних обмежень залишилися згідно з Наказом МОЗ України від 19.07.2012 р. № 548 «Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів») відповідно до державних стандартів за такими мікробіологічними показниками: мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми (МАФМ) – за ДСТУ 8446:2015 та ISO 4831:2006; бактерії групи кишкової палички (БГКП) – за ГОСТ 30518-97 та ISO 7251:2005; плісеньові гриби та дріжджі – за ДСТУ 8447:2015 та ISO 21527-2:2008; молочнокислі бактерії – за ДСТУ 7999:2015 та ISO 15214:1998. Визначення наявності/відсутності патогенних мікроорганізмів (включаючи бактерії роду *Salmonella*) проводилося згідно з ДСТУ EN 12824:2004 та ISO 6579-1:2017 / AMD 1:2020.

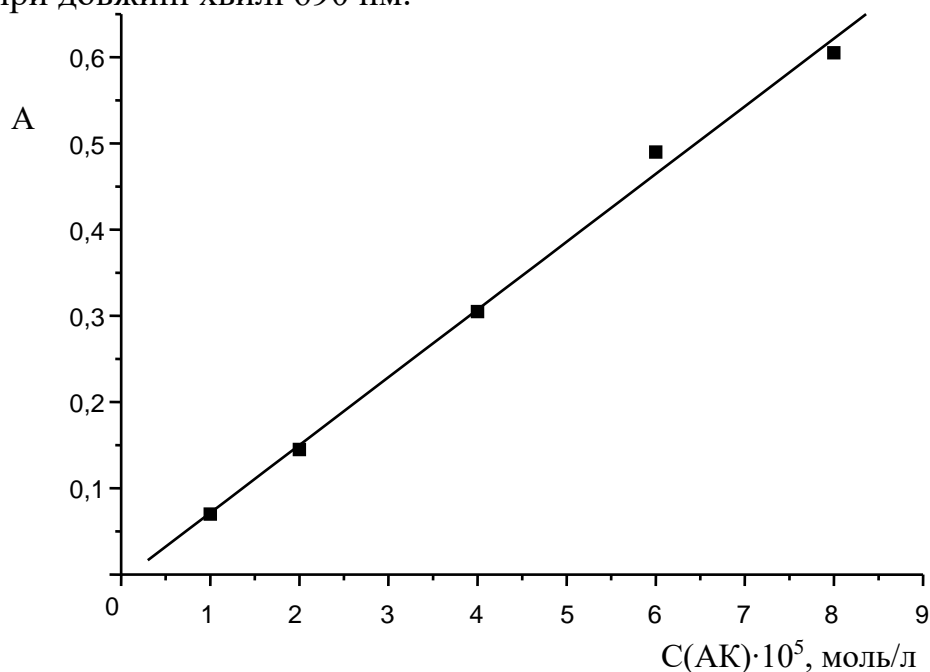
Для визначення вмісту вітаміну С було проведено два етапи дослідження. На першому етапі вміст аскорбінової кислоти визначали напівкількісно. Метою цього етапу було підтвердження наявності аскорбінової кислоти в розроблених продуктах та контрольних зразках, а також вилучення з подальших досліджень зразків з негативними значеннями. Для напівкількісного визначення використовували паперові тест-смужки, які були зроблені шляхом імпрегнування фільтрувального паперу малорозчинною тетраетиламонійною сіллю 18-

молібдодифосфорного гетерополікомплексу (18-МФК) [4]. Тест-смужки занурювали у відібрану частину розчину дослідного зразка, а зміна кольору з жовтого на синьо-зелений або синій свідчила про наявність аскорбінової кислоти. Інші зразки піддавали напівкількісному визначенню за допомогою спеціально підготовленої тест-шкали. Ця методика дозволяє визначати концентрацію аскорбінової кислоти в діапазоні від 10 мг/л до 450 мг/л. На другому етапі визначення аскорбінової кислоти проводили спектрофотометричним методом з використанням 18-МФК і методом градуувального графіку (рис.3.3.6) [57, 58].

Для приготування розчину реагенту в мірну колбу об'ємом 50 мл додавали 5 мл розчину 0,01 М 18-МФК, 10 мл розчину 0,01 М нітрату вісмуту (III) та 10 мл розчину 0,5 М  $H_2SO_4$ . Потім доводили об'єм до позначки дистильованою водою та перемішували.

Для проведення аналізу в мірну колбу об'ємом 25 мл додавали 1 мл розчину реагенту. Потім доводили об'єм до приблизно 15-20 мл дистильованою водою, додавали аліквоту розчину аскорбінової кислоти. Через 1 хв вносили 1 мл розчину 0,5 М  $H_2SO_4$ , доводили об'єм до позначки дистильованою водою та перемішували.

Таким чином, реакція окиснення аскорбінової кислоти 18-молібдодифосфату перебігає за умови рН приблизно 1,5, що є оптимальним значенням рН. Оптичну густину вимірювали в кюветі з товщиною поглинального шару 1 см при довжині хвилі 690 нм.

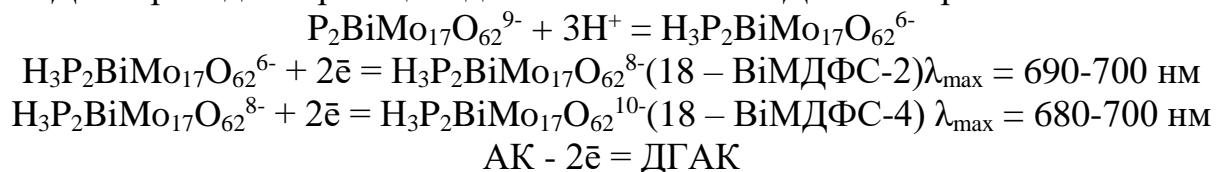


**Рис. 3.3.1. Градуувальний графік для визначення АК**  
 $C(18 - \text{ВіМДФК}) = 10^5$  моль/л  $\lambda = 690$  нм, кювета  $l = 1$  см

Кількісний вміст аскорбінової кислоти у зразках визначали за наступною методикою. Концентровані крафтові чаї з плодово-ягідної сировини двічі фільтрували через щільний паперовий фільтр. З метою запобігання окиснення АК і прискорення процесу фільтрування його проводили за допомогою

водострумного насосу через лійку Бюхнера. Проводили аналіз за методикою: у мірні колби на 25 мл вносили 0,25 мл 0,5 М розчину ГПК, вводили аліквоту зразка, який містить АК, необхідну для створення її концентрації, яка відповідає середині градувального графіка (1 – 2 мл). Після додавання аліквоти досліджуваного розчину, колір розчину реагенту змінюється на насичений синій внаслідок відновлення 18-ВіМДФК. Доводили дистильованою водою до позначки та вимірювали оптичну густину одразу після перемішування розчину при довжині хвилі 690 нм в скляній кюветі з товщиною поглинаючого шару 1 см відносно води.

Далі приведені реакції відновлення 18 – ВіМДФК аскорбіновою кислотою:



Органолептичний аналіз має важливе значення для виробників продуктів харчування, оскільки він дозволяє оперативно оцінити якість не тільки готової продукції, але й продуктів на різних етапах виробництва. Виявлення дефектів і недоліків напівфабрикатів дозволяє своєчасно виправити технологічні порушення і запобігти випуску низькоякісної готової продукції. Під час виконання дослідження була розроблена система оцінювання якості чайних концентратів з урахуванням важливості кожного критерію та побудовані відповідні профілограми.

Однією з основних вимог до виробництва соусів на основі напівфабрикату на основі згущеної низьколактозної молочної сироватки і ферментованого пюре з гарбуза є наявність необхідної текстури та здатність зберігати структурні характеристики. Під час виробництва емульсійних соусів найбільш показовими параметрами на стадії емульгування є в'язкість ( $\eta$ , Па-сек) та стабільність (V, %). Ці параметри безпосередньо залежать від значень рН емульсійної системи, температури емульгування (t, °C), швидкості капання олії (v, мл/сек) та швидкості обертання робочого органу змішувача (V, 1/сек).

Вміст ферментованого пюре з гарбуза в модельних системах соусів варіювався в межах 40...90% з кроком 10%. Компоненти суміші перемішували за температури  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  протягом 60 секунд до досягнення гомогенності за допомогою базового гомогенізатора ІКА Ultra-Turrah T18 при  $V=11200$  об/хв.

Розмір крапель олії в емульсіях спостерігали за допомогою біологічного цифрового мікроскопа MICROmed XS-3330 LED та реєстрували об'ємно-зважений діаметр (DS, нм), де DSD показує % кількість частинок з діаметром  $d_i$ . Вимірювання було використано для отримання картини розподілу розмірів крапель.

Ефективну в'язкість визначали за допомогою ротаційного віскозиметра БПН-0,2М. Робоча температура в термостаті становила  $+23,3 \pm 1,5^\circ\text{C}$ . Для фіксованого значення напруги брали до п'яти значень періоду обертання, виключаючи грубі похибки, і розраховували середнє значення.

Границю міцності зразків на зсув (ГМЗ) визначали шляхом екстраполяції лінійної ділянки кривої  $\tau=f(\gamma)$  при швидкості зсуву 100 1/сек, що відповідає значенням при сенсорній оцінці під час споживання продукту.

Жирозв'язуючу здатність визначали за кількістю рослинної олії (соняшникової), необхідної для досягнення точки інверсії. Визначення точки інверсії фаз для оцінки емульгуючої здатності модельних систем проводили за методом Гурова О.М. [13]. Емульгування олії проводили за допомогою механічної верхньопривідної мішалки DLH з насадкою для розчинення, перемішуючи матеріал зверху вниз і знизу вгору в умовах високої турбулентності та дії поперечної сили протягом 25-35 хв, залежно від співвідношення компонентів. Стабільність емульсії (ES) визначали за кількістю нерозшарованої емульсії. Тип емульсії визначали шляхом розведення у воді. Значення точки інверсії фаз відповідало масовому вмісту олії, що використовувалася в процесі.

### Результати дослідження та їх обговорення

Концентрований плодово-ягідний чай не тільки має неперевершений смак і аромат, він ще й підсилює ваш імунітет та наповнює організм вітамінами у будь-яку пору року, завдяки натуральній основі чаю. Залежно від складу айвово-обліпиховий, малиново-кизилловий з імбиром та медом тощо) натуральний фруктовий-ягідний чай концентрат містить низку корисних мікроелементів та вітамінів, серед яких: вітаміни групи В, Р, С, Е, D, мінерали, зокрема залізо, калій, магній, фолієва кислота, біофлавоноїди, харчові волокна, антиоксиданти.

Здоров'я людини залежить від безпеки і якості харчових продуктів. Тому при розробці технології харчової продукції необхідно вивчати ці показники. Першими серед показників якості зазвичай досліджують органолептичні властивості. Сенсорний аналіз допомагає з'ясувати закономірності у формуванні органолептичних показників, оскільки саме за ними споживачі перш за все оцінюють продукт (табл. 3.3.1).

Таблиця 3.3.1

### Органолептичні показники концентрованих крафтових чаїв

Найменування показників	Найменування концентрованого чаю	
	Айвово-обліпиховий з імбиром та медом	Малиново-кизилловий з імбиром та медом
Зовнішній вигляд	Однорідна, рівномірно протерта пюреподібна маса, яка не розтікається на горизонтальній поверхні	Однорідна, рівномірно протерта пюреподібна маса, яка не розтікається на горизонтальній поверхні
Консистенція	Однорідна, без сторонніх включень	Однорідна, без сторонніх включень
Колір	Темно-жовтий	Яскраво-червоний
Запах	Із вираженим запахом айви-обліпихи, імбиру та меду	Із вираженим запахом малини, кизилу, імбиру та меду
Смак	Терпкувато-кисло-солодкий, із вираженим смаком айви-обліпихи, імбиру та меду	Кисло-солодкий, із вираженим смаком малини, кизилу, імбиру та меду

Згідно з аналізом, який представлений у таблиці 3.3.1, можна зробити висновок, що розроблені концентровані крафтові чаї мають високу смакову якість, що позитивно впливатиме на сприйняття нового продукту.

Під час виконання дослідження була розроблена система оцінювання якості чайних концентратів з урахуванням важливості кожного критерію (табл. 3.3.2), що дозволило продемонструвати високі органолептичні показники якості отриманої продукції. На дослідному крафтовому підприємстві було затверджено діяльність дегустаційної комісії внутрішніми документами, відповідно до вищезазначеного стандарту і з дотриманням вимог системи управління безпекою харчових продуктів.

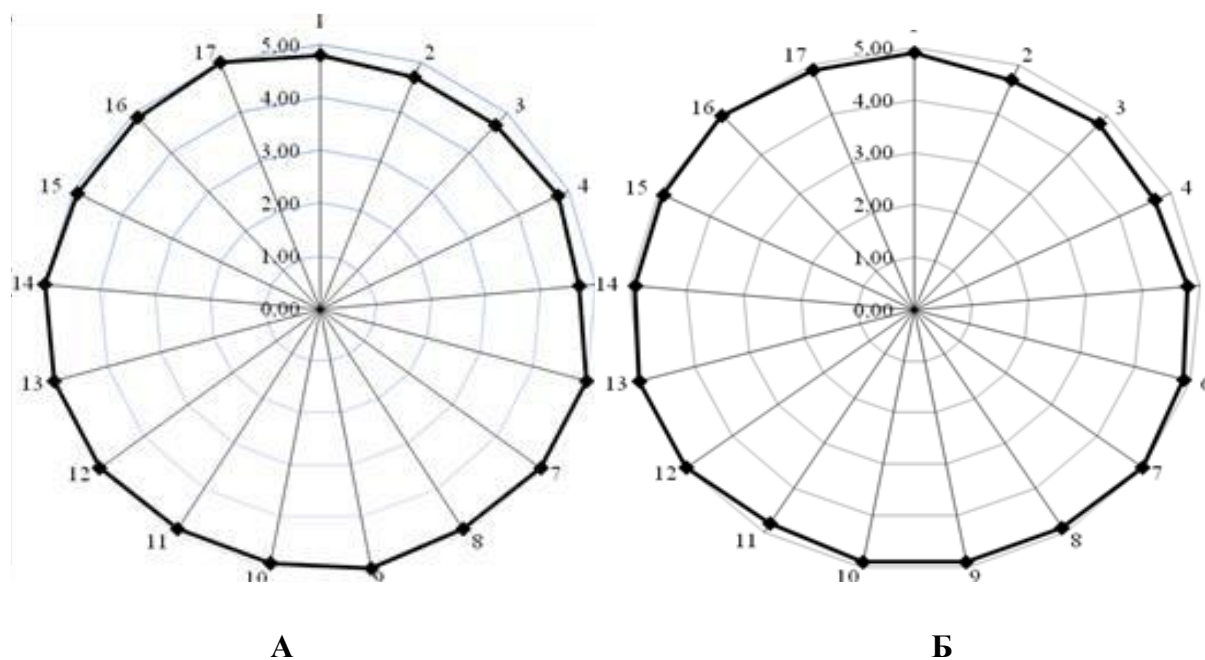
Таблиця 3.3.2

**Результати органолептичного аналізу концентрованих крафтових чаїв з  
плодово-ягідної сировини**

Найменування показника	Коефіцієнт вагомості	Коефіцієнт вагомості характеристики	Характеристика	Оцінка, бали	
				Айвово-обліпиховий з імбиром та медом	Малиново-кизилловий з імбиром та медом
Зовнішній вигляд	0,2	0,83	Однорідність	4,80	4,80
		0,17	Відсутність включень	4,70	4,80
<i>Сумарна оцінка за показником</i>				0,95	0,96
Консистенція	0,25	0,4	Однорідність	4,80	4,90
		0,3	Густина	4,70	4,70
		0,3	Текучість	4,90	4,90
<i>Сумарна оцінка за показником</i>				1,19	1,20
Колір	0,15	0,3	Інтенсивність	4,70	4,90
		0,2	Виразність	4,90	5,00
		0,2	Однорідність	5,00	5,00
		0,3	Натуральність	5,00	4,80
<i>Сумарна оцінка за показником</i>				0,74	0,74
Смак	0,25	0,1	Збалансованість	5,00	4,90
		0,2	Виразність	5,00	4,80
		0,1	Швидкість вивільнення	5,00	5,00
		0,3	Натуральність	4,90	5,00
		0,3	Чистота	4,90	5,00
<i>Сумарна оцінка за показником</i>				1,24	1,24
Запах	0,15	0,3	Чистота	5,00	5,00
		0,2	Виразність	4,90	5,00
		0,2	Стійкість	4,90	4,90
		0,3	Відповідність виду використаної сировини	5,00	4,90
<i>Сумарна оцінка за показником</i>				0,74	0,74
<b>Загальна оцінка</b>				<b>4,86</b>	<b>4,88</b>

Результати дегустаційної оцінки показали однозначно позитивний відгук щодо розроблених концентрованих крафтових чаїв. Профілі органолептичної оцінки якості концентрованих крафтових чаїв наведено на рис. 3.3.2.

Один з найважливіших показників якості продукції – мікробіологічні показники. Всі види продукції повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів. Були проведені дослідження на мезофільні аеробні і факультативно анаеробні мікроорганізми, бактерії групи кишкової палички, патогенні мікроорганізми. Мікробіологічні дослідження проводилися з використанням поживних середовищ.



**Рис. 3.3.2. Органолептичний профіль концентрованого крафтового чаю айвово-обліпихового з імбиром та медом (А) та малиново-кизилового з імбиром та медом (Б)**

Для цього були обрані наступні поживні середовища: середовище з сухого поживного агару для визначення мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів; середовище Ендо для визначення бактерії групи кишкової палички; м'ясо-пептонний агар для визначення бактерій; середовище агарове Беард-Паркера для визначення *Staphylococcus aureus*.

Дослідження проводилися з метою визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у продукції протягом 1 року, патогенних мікроорганізмів у 50 мл напою, груп кишкової палички у 0,1 мл та стрептококів у 1 мл напою. Дослідження проводилися згідно з методиками, викладеними у відповідних ДСТУ. Використання цієї нормативної документації дозволяє контролювати вплив меду на мікробіологічні показники, які можуть призвести до псування продукту після пастеризації. Результати досліджень показали, що у концентрованих крафтових чаїв кількість аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів відповідає нормі, патогенні мікроорганізми, бактерії *Staphylococcus aureus*, бактерії кишкової палички та

*E.coli* не були виявлені. Мед для виготовлення концентрованих крафтових чаїв застосовують у рідкому вигляді. Серед декількох найбільш поширених та доступних варіантів меду: соняшникового, гречишного та акацієвого, віддали перевагу акацієвому. Відому, що в ньому високий вміст фруктози, відповідно він використовується для дієтичного та дитячого харчування. Визначено, що цей мед має найнижчу алергенність, а також зменшує запальні процеси, підвищує імунні резерви організму та впливає на покращення зорових функцій.

Акацієвий мед найменше піддається кристалізації, тож найкраще відповідає технологічним вимогам процесу. Звичайно, рідкий мед безпосередньо впливають у суміш пюре за необхідності, його розтоплюють, але не кип'ятять. Результати експериментальних досліджень порівнювалися зі значеннями, зазначеними у нормативному документі і наведено в табл. 3.3.3.

Таблиця 3.3.3

### Показники якості меду для виробництва концентрованих крафтових чаїв

Найменування показників	Зразок акацієвого меду	Значення ДСТУ
Масова частка води, %	17	не більше 21
Діастазне число, %	2,5	не більше 6
Кислотність, (0,1 моль/дм <sup>3</sup> ) на 1 кг	40	не більше 50
Колір	світло-жовтий	Безкольорний, білий, світло-жовтий, жовтий, темно-жовтий, темний з різними відтінками
Смак	солодкий, ніжний, приємний,	Солодкий, ніжний, приємний, терпкий, подразнює слизову оболонку ротової порожнини, без сторонніх присмаків
Аромат	приємний, ніжний	Специфічний, приємний, слабкий, сильний, ніжний, без сторонніх запахів
Консистенція	в'язка	Рідка, в'язка, дуже в'язка, щільна
Кристалізація	дрібно-зерниста	Від дрібнозернистої до крупнозернистої
Ознаки бродіння	відсутні	Не допускаються
Механічні домішки	відсутні	Не допускаються

Результати отримані в ході дослідження вмісту аскорбінової кислоти в інноваційних рецептурах концентрованих плодово-ягідних напоїв наведені у табл. 3.3.4.

Таблиця 3.3.4

### Вміст аскорбінової кислоти у представленій продукції

№ з/п	Найменування крафтового чаю	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100мл
1	Айвово-обліпиховий з імбиром та медом	83±0,2
2	Малиново-кизилловий з імбиром та медом	120±0,4

Далі цій темі наведено результати досліджень щодо можливості використання ферментованого пюре з м'якоті гарбуза з високим вмістом пектину (далі – FMPP) та згущеної у вакуумі низьколактозної молочної сироватки (далі – CLLW) в складі емульсійних соусів, подібних до майонезу. Встановлено раціональні параметри емульгування олії та досліджено характеристики модельних зразків з використанням FMPP та CLLW у різних співвідношеннях. Оцінено якість соусів з об'ємною часткою емульгованої олії 60 %. Для встановлення раціонального співвідношення основних компонентів у напівфабрикаті досліджено реологічні властивості модельних систем, зокрема їх вплив на формування показників структуроутворення, зокрема емульгуючих властивостей. Продемонстровано можливість використання білково-вуглеводного напівфабрикату (далі – БВНФ) на основі CLLW та FMPP як основи для соусів емульсійного типу майонез.

Харчування – один з найважливіших факторів у житті людини, що безпосередньо впливає на здоров'я, продуктивність, фізичний і розумовий розвиток. Для оптимального функціонування всіх органів і систем організму харчування має бути повноцінним і збалансованим.

Питання раціонального харчування населення має важливе соціальне значення. Воно відіграє вирішальну роль у забезпеченні якості і тривалості життя людини та її здоров'я. В Україні найбільш суттєвими порушеннями в системі харчування є надмірне споживання тваринних жирів і вуглеводів, дефіцит повноцінних білків тваринного походження, поліненасичених жирних кислот, мікроелементів, вітамінів і харчових волокон. Тому перед науковцями стоїть завдання створення асортименту нових продуктів функціонального призначення, які покращують харчовий статус людини.

Світові тенденції в харчуванні пов'язані зі створенням асортименту функціональних продуктів, які сприяють зміцненню здоров'я населення та зниженню ризику виникнення захворювань, пов'язаних з харчуванням. Це завдання вирішується шляхом включення до складу харчових продуктів функціональних інгредієнтів, що позитивно впливають на одну або декілька фізіологічних функцій організму людини. Створення функціональних харчових продуктів базується на модифікації традиційних (класичних) технологій, що дозволяє включити корисні інгредієнти в готовий продукт в межах фізіологічних норм їх споживання (10-50 % від середньодобової потреби).

Водночас організм може відчувати труднощі із засвоєнням поживних речовин при певних захворюваннях. Поширеною перешкодою для повного або часткового засвоєння певних груп поживних речовин є харчова алергія, непереносимість, мальабсорбція або чутливість до них. Харчова алергія виникає, коли імунна система надмірно реагує на певний білок. На відміну від харчової алергії, харчова непереносимість не пов'язана з імунною системою, але в організмі відсутні ферменти, які розщеплюють поживні речовини. Легшою формою непереносимості є мальабсорбція, коли концентрація ферментів недостатня для повного розщеплення поживних речовин. Чутливість без захворювання – це новий синдром непереносимості. Дієта, вільна від цієї специфічної поживної речовини,

призводить до повного регресу симптомів. Симптоми можуть варіюватися від легких (висипання, гази, кропив'янка, набряк, свербіж тощо) до важких (утrudнене дихання, втрата свідомості тощо). Повідомляється, що понад 170 продуктів харчування викликають алергічні реакції. Основними харчовими алергенами є молоко через вміст лактози як вуглеводу та яйця через комплекс білків. Тому існує попит на традиційні продукти, в яких замінені інгредієнти, що можуть викликати негативну реакцію в організмі. Одним з видів такого продукту є соуси. Основні соуси та їх похідні переважно містять продукти, які можуть викликати такі реакції: молоко, яйця, горіхи тощо. Тому варто розглянути перспективи та напрямки вдосконалення виробництва соусів для спеціальних дієт. Загалом світовий ринок продуктів харчування та напоїв, спрямованих на покращення здоров'я та загального самопочуття, продовжує зростати в середньому на 8 %. Кількість людей, які споживають функціональні харчові продукти та дієтичні добавки, постійно збільшується.

Міжнародний ринок соусної продукції різноманітний. Проте всі продукти цієї категорії мають однакове значення, а саме - як підсилювач смаку страв. На цьому ринку успіх запуску нових продуктів залежить від постійного моніторингу споживчих переваг та аналізу конкурентних продуктів. Світовий ринок майонезу демонструє стійкі темпи зростання, з прогнозованим збільшенням виробництва приблизно на 4% протягом наступних п'яти років [1].

За даними Державної служби статистики України, Української митної служби та компанії «Pro-Consulting», рівень конкуренції на ринку соусів в Україні є високим, насамперед з боку вітчизняних виробників. Найбільшу частку ринку займає виробництво майонезу, що становить 57 % у структурі ринку [2].

Майонез – популярна приправа, відома своєю кремоподібною текстурою та гострим смаком. Зазвичай його виготовляють із суміші олії, оцту або лимонного соку, яєчних жовтків і приправ. Суміш емульгують, щоб створити однорідний і стабільний соус. Емульговані жиромісні продукти відіграють важливу роль у харчуванні, оскільки при споживанні жирів організм людини засвоює їх тільки після того, як вони перетворені в емульгований стан.

Вершкове масло широко використовується як намазка для бутербродів, гамбургерів та обгортань, а також слугує основою для різноманітних заправок та соусів. Завдяки своїй універсальності він став основним кулінарним продуктом на домашніх кухнях і в комерційній харчовій промисловості. Крім того, вона відома тим, що покращує смак і відчуття страв, додаючи їм насиченість і ситність. Завдяки своїй кремоподібній консистенції сьогодні його додають до соусів і маринадів у всьому світі.

Зростаюча індустрія громадського харчування в першу чергу стимулює ринок. Крім того, на зростання ринку впливає збільшення кількості продуктів для зручних і легких альтернатив їжі, включаючи обгортання, салати і бутерброди. Крім того, зростаюча обізнаність про здоров'я серед споживачів, зростаючий попит на продукти в глобальному кулінарному асортименті та збільшення наявного доходу сприяють зростанню ринку. Крім того, ще одним важливим фактором, що сприяє зростанню ринку, є поява продуктів, що сприяють здоров'ю, зокрема, безяєчних, безглютенних, безлактозних, зі зниженим вмістом жиру,

веганських та вегетаріанських майонезів. Крім того, зміна способу життя споживачів і широка інтеграція продуктів у секторі продуктів харчування та напоїв сприяють зростанню ринку. Зручність придбання продуктів у різних торгових точках сприяє зростанню ринку. Крім того, зростаюче визнання поживної цінності та універсальності майонезу створює позитивні ринкові перспективи. У цьому розділі розглядаються проблеми поліпшення якості соусів.

В Україні виробництво майонезу та соусів на основі майонезу регулюється ДСТУ 4487:2015 «Майонези та соуси майонезні. Загальні технічні умови». Відповідно до п. 3.1 ДСТУ 4487:2015, майонез – це дрібнодисперсний однорідний емульгований продукт з вмістом жиру не менше 50%, виготовлений з олії, води, яєчних продуктів, з додаванням або без додавання продуктів переробки молока, харчових добавок, інших харчових інгредієнтів (відповідно до рецептури). Крім того, відповідно до п. 5.4.4 ДСТУ 4487:2015, майонез, що випускається під традиційною назвою «Провансаль», повинен мати жирність 67% та вміст яєчних продуктів, у тому числі ферментованих, у перерахунку на сухий яєчний жовток не менше 1,5%. Однак, незважаючи на свою функціональність, безяєчні рецептури в промисловому виробництві можна назвати лише «а-ля майонез», що свідчить про недосконалість та неінклюзивність українського законодавства. Тим не менш, існуючий попит на таку продукцію необхідно задовольняти.

Перш за все, виключення яєчної сировини з рецептури майонезу задовольняє потреби людей з алергією на яйця, від якої страждає приблизно 1 з 10 дорослих [3], а також вегетаріанців [4].

У своїй роботі Nopparat Prabsangob та Sunsanee Udomrati використовували кислотно-модифікований ізолят горохового білка та кристали целюлози окари як коемульгатор для покращення фізико-хімічної стабільності знежиреного безяєчного майонезу [5]. Однак, отриманий продукт мав недолік у вигляді желатинової консистенції та специфічного аромату. Miray Büyüç, Ada Ata та Ahmet Yemencioğlu запропонували використовувати аквафабу як джерело переважно водорозчинних білків та вуглеводів у поєднанні з цитрусовим пектином та екстрактом виноградних кісточок [6] в якості коемульгатора. Основна перевага цієї технології пов'язана зі зменшенням розміру крапель емульсії, але вона все ще має короткостроковий термін зберігання, високі ризики втрати емульсії і додатково специфічні органолептичні характеристики. В іншій роботі було показано інноваційну технологію розробки безяєчного майонезу, яка використовує  $\beta$ -каротин та зв'язування соєвого білка, але має невідповідний інтенсивний жовтий колір [7]. Іншим очевидним недоліком цієї технології є використання соєвих білків, оскільки соя є алергеном. Проте досліджень, присвячених використанню сироваткових білків для приготування рецептур майонезів, порівняно небагато, і всі вони зосереджені на створенні рецептур низькокалорійних соусів. Більшість досліджень також стосуються використання сухої демінералізованої сироватки. Проте не проводилося жодних досліджень щодо використання проміжного продукту її виробництва - згущеної сироватки, в тому числі з частковою демінералізацією близько 40 % замість 90 %. Важливим моментом у цьому випадку є необхідність попереднього видалення лактози, щоб запобігти кристалізації та зробити цей продукт доступним для людей з

непереносимістю лактози та мальабсорбцією. Це особливо важливо, оскільки відсоток таких людей серед населення країн Азії та Африки становить 90 %, Південної Європи – 70 %, Австралії, Північної Європи та Північної Америки – до 17 %. У Центральній Європі – 30 %, у Південній Європі – 70 %, а в Україні 16 % населення мають офіційно встановлений і підтверджений лабораторними дослідженнями діагноз мальабсорбції, а також багато недиагностованих випадків [8]. Впровадження у виробництво низьколактозних харчових продуктів на основі гідролізованої білково-вуглеводної молочної сировини дозволить розробити продукт, придатний для споживання широким колом споживачів.

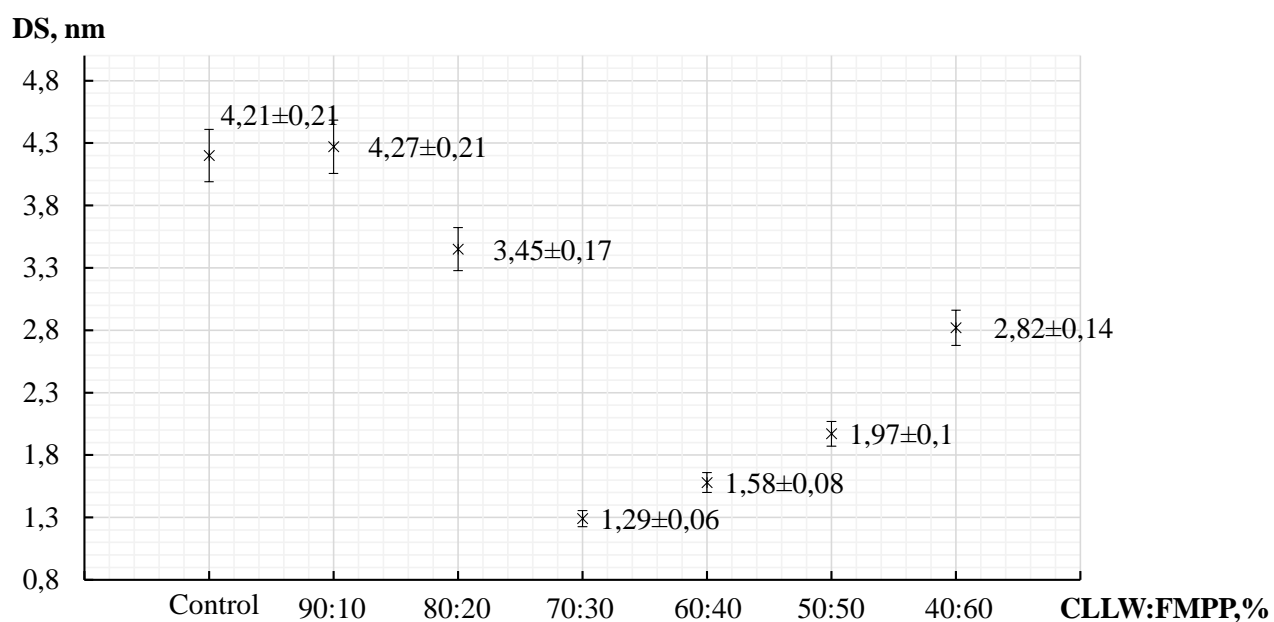
Дешевою та значною за обсягами побічною продукцією є молочна сироватка, потенціал якої в Україні для харчових цілей реалізується не повною мірою. Станом на перше півріччя 2020 року було вироблено 735 тис. т молочної сироватки, з яких лише 30,4 тис. т підлягало переробці, а решта була викинута як відходи [9]. Тому пріоритетним питанням стає створення технологій низьколактозних напівфабрикатів на їх основі для подальшого використання в технологіях спеціальних харчових продуктів.

Для розробки емульгованих соусних продуктів на основі сироваткових білків необхідні структуроутворювачі. Відмінними структуроутворюючими властивостями відрізняється рослинна сировина з високим вмістом пектинових речовин. В якості такої сировини може бути використана м'якоть гарбуза, що характеризується потенційними властивостями структуроутворювачів, стабілізаторів структури та регуляторів сенсорних показників харчових продуктів. Однак у необробленому вигляді кількість пектинових речовин є недостатньою для використання в якості структуроутворювачів.

На основі попередніх досліджень було розроблено білково-вуглеводний напівфабрикат на основі низьколактозної згущеної молочної сироватки та ферментованого гарбузового пюре [10]. Проте питання дослідження емульгової соусної продукції на його основі вивчено не в повній мірі. Тому цей розділ присвячено дослідженню якості емульгованих соусів на прикладі майонезу з використанням напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки.

***Дослідження реологічних властивостей модельних емульсійних соусних систем.*** У системах, що містять білки молочної сироватки та етерифікований пектин, отриманий з ферментованого гарбузового пюре, можуть відбуватися різні взаємодії. Залежно від температури, часу обробки, рН середовища, іонної сили розчину та співвідношення білків і пектину можуть утворюватися комплекси (внутрішньомолекулярні, міжмолекулярні, електронно-нейтральні, заряджені коацервати) [9]. Тому доцільно дослідити характер взаємодії пектиновмісного FMPP з сироватковими білками CLLW. Для оцінки ефективності застосування напівфабрикату на основі CLLW та FMPP досліджували модельні композиції за різних співвідношень CLLW та FMPP та кількості емульгової олії. Нову рецептуру майонезу готували з використанням CLLW та FMPP у різних співвідношеннях як емульгатора. Зразок майонезу власного виробництва, стабілізованого порошком ячного жовтка, використовували як контроль для порівняння. Дисперсійні характеристики спостерігали візуально за допомогою

мікроскопа, підраховували кількість крапель олії різного розміру. Результати розрахованих середніх значень розміру крапель емульгованої олії в різних зразках з урахуванням похибки наведено на рис. 3.3.3.

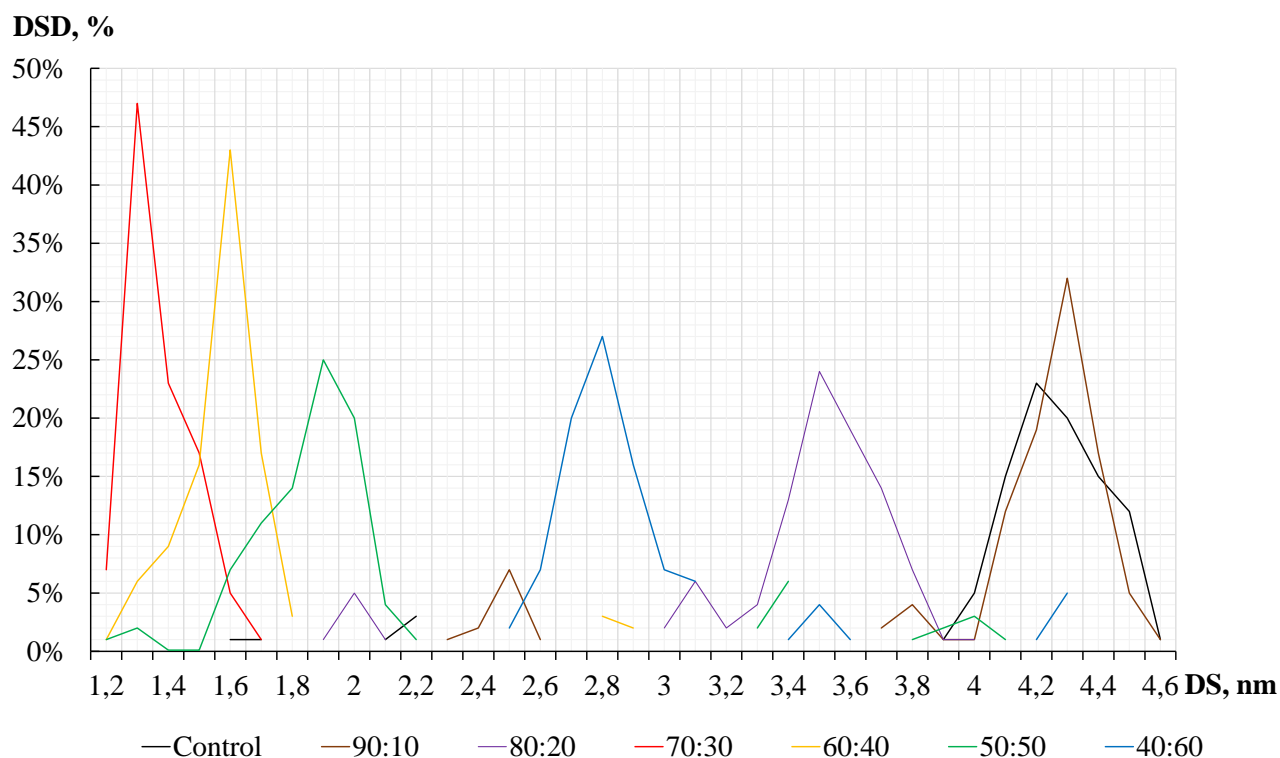


**Рис. 3.3.3. Відмінності в розмірах крапель олії (DS, nm) емульсії залежно від природного складу модельних систем**

Менша стабільність чітко спостерігається для контрольного зразка та зразка зі співвідношенням 90:10, на що вказує вищий середній розмір крапель. Порівняно з цими зразками, зразки зі співвідношенням 70:30, 60:40 та 50:50 мали менший середній розмір крапель олії. Це корелює з оптичними зображеннями емульсій. Результати продемонстрували доцільність використання напівфабрикату на основі CLLW та FMPP як емульгатора для приготування емульсійного соусу, як і очікувалося з огляду на його сильну емульгуючу здатність, як було продемонстровано раніше [14].

Однак, використання FMPP у кількості 30 % та 40 % від маси напівфабрикату, що призводило до зменшення розміру крапель. Отже, це пояснює підвищену фізичну стабільність свіжоприготованих майонезів у цих модельних композиціях. Додавання FMPP у кількості 30 % та 40 % до маси напівфабрикату пояснюється покращенням міжфазної активності сироваткових білків за рахунок зміни балансу гідрофільності та гідрофобності, а також молекулярної гнучкості в присутності пектинів.

Для контрольного зразка спостерігався широкий діапазон розмірів крапель емульсії (див. рис. 3.3.4), причому більшість з них були великого розміру, що свідчить про меншу стабільність контрольного зразка.



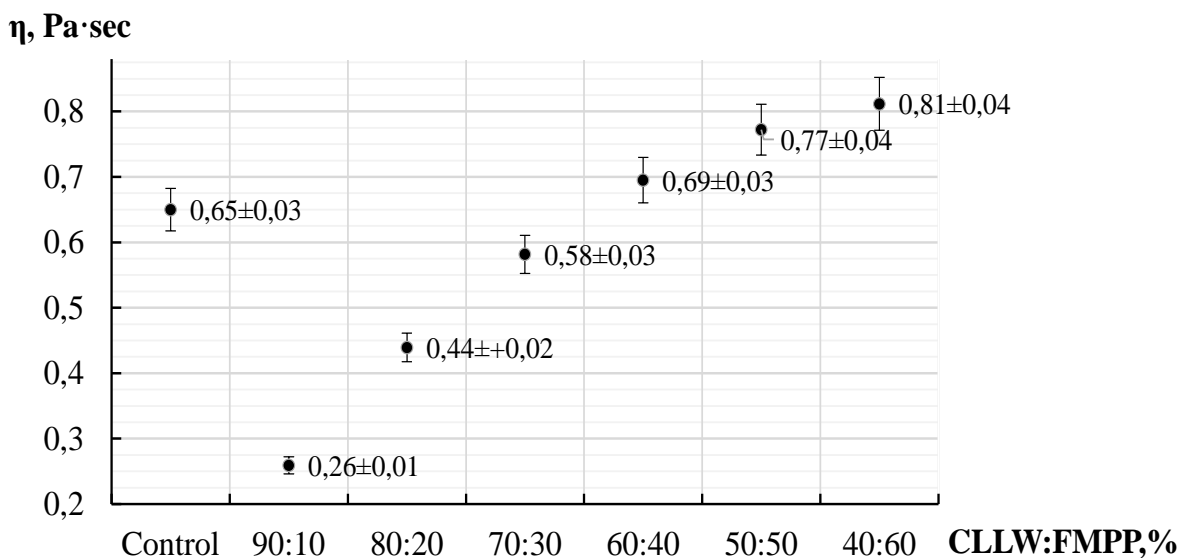
**Рис. 3.3.4. Характер розподілу крапель за розмірами для модельних систем соусів**

Порівняно з контролем, зразки з КЛЛВ у співвідношенні основних компонентів CLLW та FMPP у кількості 70:30 та 60:40 не тільки мали менші краплі олії, але й демонстрували більш щільне групування за розмірами. На кривих, зображених на рис. 10, спостерігаються гострі піки, що свідчить про високу однорідність емульгованих крапель за розмірами. Однак для зразка зі співвідношенням CLLW:FMPP 50:50 крива розподілу крапель за розмірами фрагментована, що свідчить про наявність більш однорідних за розміром крапель і невеликої, але значної кількості великих крапель. Це свідчить про знижену стабільність такої системи, що узгоджується з оптичними зображеннями досліджуваних емульсійних соусів.

Решта зразків показали значні коливання у співвідношенні розмірів крапель. Хоча середні розміри зразків 40:60 та 80:20 CLLW та FMPP були меншими, ніж у контролі, ці системи мали значно нижчу стабільність, оскільки вони мали тенденцію до швидшого розшарування через нерівномірний розподіл крапель. Отримані результати продемонстрували ефективність використання напівфабрикату як емульгатора для приготування безяєчного майонезу, як і можна було очікувати, враховуючи його потужну емульгуючу здатність, як показано на рисунках 1 і 2. Однак, використання CLLW та FMPP у співвідношенні 70:30 та 60:40 призвело до отримання крапель меншого розміру з вузкою структурою розподілу за розмірами. Ця тенденція відповідає більшій стабільності цих зразків майонезу порівняно з контрольним зразком.

Взаємодію між сироватковими білками та пектином можна оцінити за допомогою реологічних методів. Реологічні методи дослідження дозволяють виявити аномальні зміни в'язкості та напруги зсуву систем, на основі яких можна

зробити висновок про те, взаємодіють речовини чи ні. Результати ефективних досліджень в'язкості модельних систем представлені на рис. 3.3.5.



**Рис. 3.3.5. Ефективна в'язкість (η, Па-сек) модельних композицій від співвідношення CLLW: FMPP**

Зі збільшенням вмісту FMPP з 10 % до 60 % ефективна в'язкість зростала в 3,1 рази. Отже, можна зробити висновок, що коацервація білково-пектинових комплексів та термодинамічна несумісність білків з пектинами за досліджуваних співвідношень компонентів відсутня. У таких випадках в'язкість системи мала б зменшуватися. Отримані дані свідчать про взаємодію сироваткових білків і пектинів із взаємопроникними полімерними сітчастими структурами під час міцелоутворення. Це суттєво впливає на стабільність отриманих емульсій. Отримані дані порівнювали з в'язкістю контрольного зразка, приготованого за класичною рецептурою.

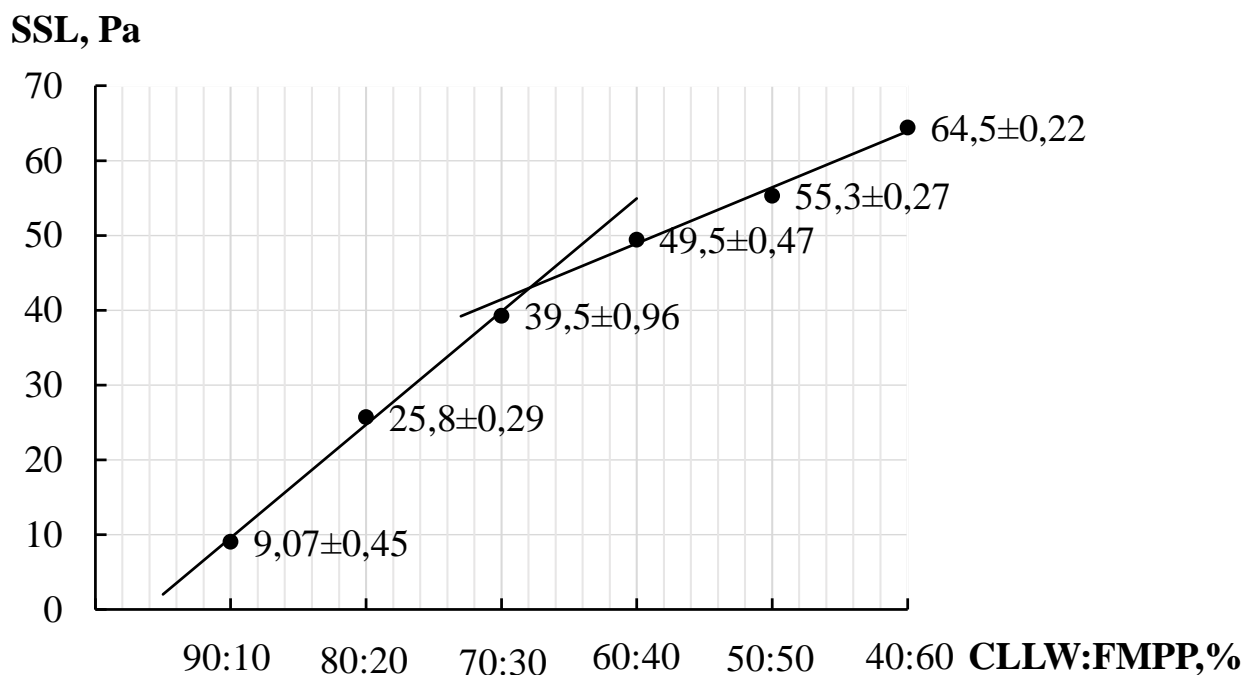
Швидкість зсуву постійна і дорівнює 100 1/сек.

У класичному майонезі взаємодія між білками яєчного жовтка та краплями олії відіграє вирішальну роль у формуванні мережі для стабілізації майонезної системи. Вища швидкість емульгування контрольного зразка може бути пов'язана з меншою в'язкістю та більшим розміром крапель олії в емульсії (див. рис.9 та рис.10), що знижує диспергуючу здатність емульсії.

Навпаки, зразки зі співвідношенням CLLW:FMPP 40:60, 50:50, 60:40 демонстрували вищу в'язкість порівняно з контролем. Використання CLLW у поєднанні з FMPP додатково покращувало в'язкість майонезів, особливо за вищих концентрацій FMPP. Ці результати можна пояснити між- та внутрішньомолекулярними взаємодіями між адсорбованими білками та пектинами на поверхні крапель олії, що призводять до утворення гідроколоїдних мереж. Одночасне або послідовне утворення взаємопроникних полімерних сітчастих структур призводить до мікрофазового розділення білків і вуглеводів через несумісність, що виникає в міжланцюгових вузлах, з подальшою орієнтованою екструзією молекул пектину на поверхню білка. Підвищення концентрації вуглеводів в мікрооб'ємах призводить до посилення самоасоціації,

утворення водневих зв'язків, злиття зон піранозних структур пектину, що призводить до прискорення зростання в'язкості. Цей процес перешкоджає фазовому розподілу пектинів, забезпечуючи необхідне структурування їх структур і стабілізуючи структуру системи. Крім того, водорозчинні пектини з гідрофільною природою можуть ефективно взаємодіяти з водою, збільшуючи в'язкість емульсії. Підвищена в'язкість водної фази може обмежувати рух крапель олії, обмежуючи зіткнення між краплями, що призводить до покращення стабільності емульсії. Крім того, видима в'язкість тісно пов'язана з відчуттям у роті, що вказує на оксамитову текстуру харчових емульсій. Отже, підвищення в'язкості майонезу за рахунок використання розробленого напівфабрикату може призвести до покращення текстурних характеристик продукту.

Визначення величини та залежності межі міцності на зсув (далі – SSL) від вмісту компонентів дозволяє виявити можливий тип взаємодії та охарактеризувати реологічну поведінку систем. Встановлено, що зі збільшенням вмісту FMPP зростає і гранична напруга зсуву. Слід зазначити, що залежність SSL від вмісту пюре показує наявність точки зламу на кривій для зразка зі співвідношенням CLLW:FMPP 70:30 (див. рис.3.3.6).



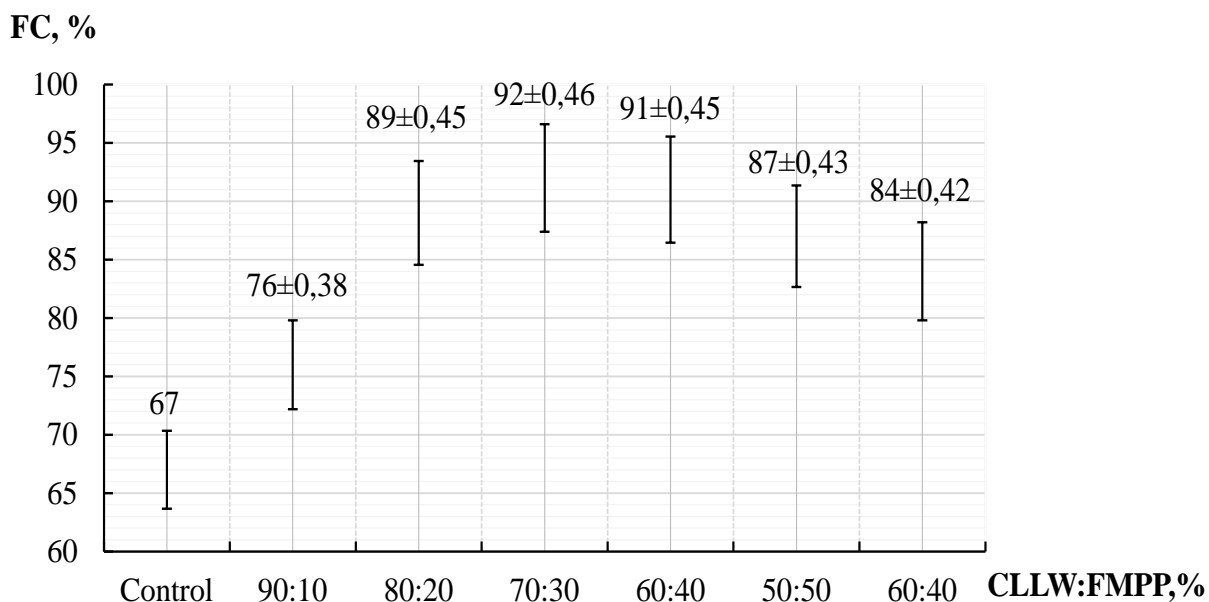
**Рис. 3.3.6. Залежність SSL (Па) систем від співвідношення CLLW: FMPP**

Злам кривої на рис. 3.3.11 свідчить про зміну взаємодії між білками та пектинами. Збільшення структуроутворюючої здатності спостерігається для зразка зі співвідношенням CLLW та FMPP як 70:30. На основі отриманих даних можна стверджувати, що за такого співвідношення компонентів напівфабрикат досягає максимальної реалізації структуроутворювальних властивостей під час емульгування, а системи характеризуються як в'язкопластичні. Крім того, збільшення SSL є результатом зміни взаємодії між сироватковими білками та пектином. Про це свідчить швидкість збільшення SSL. Імовірно, змінюється розчинність комплексів, молекулярна маса і коефіцієнт дифузії, що узгоджується

з дослідженнями, які показують, що зі збільшенням вмісту пектину збільшується і розмір білково-пектинових частинок.

Дослідження швидкості зсуву є корисним для сенсорної оцінки консистенції та загального вигляду зразків. Оскільки додавання напівфабрикату підвищує в'язкість майонезу завдяки його високій здатності зв'язувати вільну воду та олію як стабілізаторів безперервної фази. Однак зразки з CLLW та FMPP у співвідношенні 40:60 швидко переходили від стадії максимальної в'язкості до розшарування емульсії, що свідчить про недостатню міцність комплексів з меншим вмістом білка.

Можна зробити висновок, що за рахунок введення напівфабрикату до складу модельних емульсійних соусних систем можна регулювати в'язкість у широкому діапазоні як фактор стабільності. Оскільки ефективна в'язкість протидіє процесу емульгування олії, що призводить до значних енерговитрат, необхідно оцінити емульгуючу здатність системи. Емульгуючу здатність модельних систем оцінювали за точкою інверсії фаз (далі – FC) (див. рис. 3.3.7), тобто визначали умови, за яких система розшаровується.



**Рис. 3.3.7. Залежність точки інверсії емульсії (FC, %) систем від співвідношення КЛЛВ: ФМПП**

Для вивчення поведінки системи та визначення стандартної точки інверсії було проведено аналіз рецептурного складу з використанням напівфабрикату для різних співвідношень CLLW та FMPP, що відповідають різним в'язкостям.

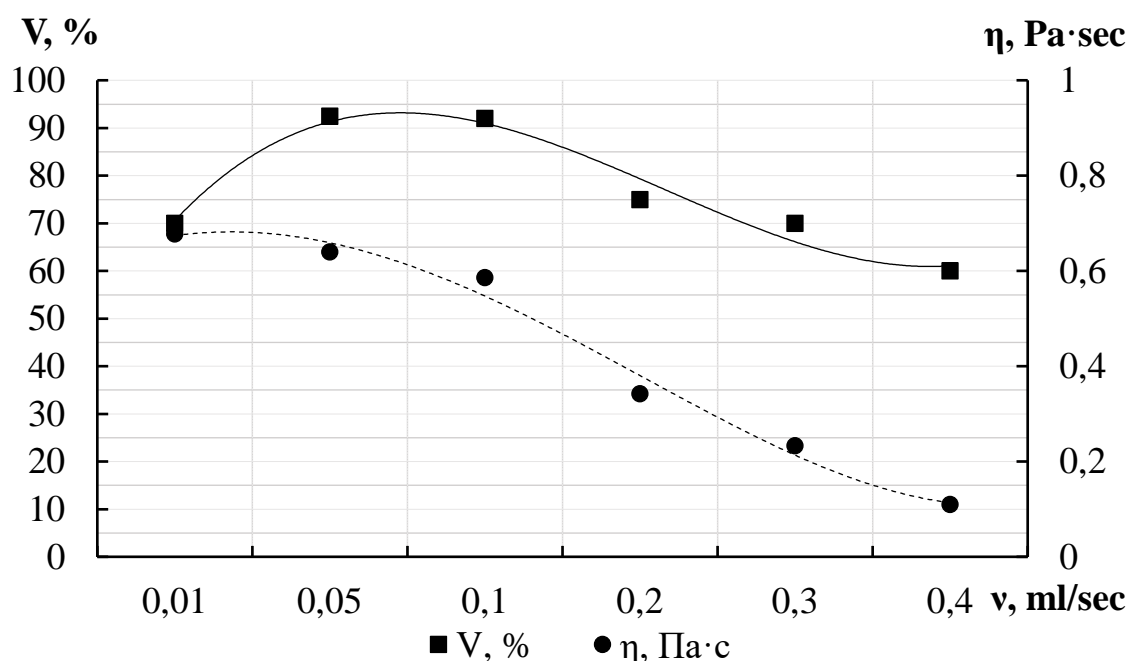
Для визначення стандартної точки інверсії кожен попередньо збалансований зразок продовжували емульгувати за незмінних параметрів системи: швидкості обертання мішалки, температури навколишнього середовища та швидкості капання олії. Змінною величиною була кількість емульгованої речовини, при якій відбувалося розшарування системи.

Встановлено, що залежність точки інверсії від співвідношення компонентів має екстремальний характер. В інтервалі вмісту FMPP 0...30% в напівфабрикаті емульгуюча здатність зростає. Подальше збільшення до 40...60% призводить,

навпаки, до зниження емульгуючої здатності систем в 1,3 рази. У системах з використанням CLLW:FMPP у співвідношенні 70:30 точка фазової інверсії емульсії відповідає вмісту жиру 91...92 %. Це, ймовірно, пов'язано з утворенням складних білково-вуглеводних комплексів, максимальна гідрофобність яких формується в системах з вмістом FMPP 30 %.

При вмісті FMPP понад 40 % може змінюватися гідрофільно-ліпофільний баланс, збільшуються розмірні характеристики і, як наслідок, зменшується коефіцієнт дифузії. Це негативно впливає на емульгуючу здатність.

Проведені дослідження стабільності емульсій під час емульгування свідчать, що зі збільшенням вмісту олії стабільність емульсії зростає. Однак важливим фактором є вплив швидкості краплинної подачі олії, яка безпосередньо впливає на стабільність емульсій та кількість емульгованої олії. Оптимальну швидкість емульгування олії визначали за умов постійних швидкостей обертання мішалки та температури навколишнього середовища. Діапазон досліджуваних швидкостей капання олії становив 0,09...0,11 мл/с.



**Рис. 3.3.8. Залежність точки інверсії емульсії (FC, %) та ефективної в'язкості (η, Па-сек) від швидкості крапання олії (v, мл/с)**

Як видно з рис. 3.3.8, показник ефективної в'язкості прямо пропорційний інтенсивності капання олії в процесі її емульгування. Зона раціональної в'язкості відповідає показникам ефективної в'язкості в діапазоні від 0,586 Па-сек до 0,640 Па-сек. Ці значення в'язкості відповідають швидкості витікання олії 0,05 та 0,1 мл/сек. Збільшення інтенсивності потоку олії до 0,2...0,4 мл/с призводило до неповного емульгування і прискорювало час до інверсії емульсії. Водночас зменшення інтенсивності потоку до 0,01 мл/с призводило до розшарування системи вже при 70 % доданої олії, що пояснюється нерівномірним розподілом масляної фази за встановлених режимів перемішування.

Таким чином, досягається модельна система зі співвідношенням CLLW та FMPP у співвідношенні 70:30 та вмістом олії 60 %, зі стабільністю емульсії  $98 \pm 2\%$ ,

що відповідає вимогам до майонезної продукції згідно з нормативною документацією.

Варто зазначити, що в системах з вмістом олії до 60 % і вмістом FMPP 40...60 % в напівфабрикаті стабільність емульсії залишається практично незмінною. Однак, в'язкість системи на основі FMPP у цьому діапазоні зростає. Тому можна припустити, що при вмісті FMPP до 30 % і при вмісті FMPP 40...60 % утворюються різні за поверхневою активністю та гідродинамічними властивостями (розміром, зарядом, молекулярною масою) комплекси, які відрізняються між собою.

На основі аналізу абсолютних значень емульгуючої здатності та стійкості емульсії можна рекомендувати раціональне співвідношення компонентів у модельних системах на основі напівфабрикату для отримання соусів емульсійного типу, типу майонезу без яєчних продуктів. Отже, наведені дані свідчать про те, що використання напівфабрикату на основі CLLW та FMPP для набуття певних функціонально-технологічних властивостей має низку переваг. По-перше, це підвищення харчової та біологічної цінності та надання продуктам лікувально-профілактичних властивостей. По-друге, FMPP здатні утримувати вологу в структурі продукту, підвищувати стабільність та в'язкість соусів емульсійного типу з високим вмістом олії. По-третє, в даному випадку FMPP виступає як барвник, а CLLW - як підсилювач смаку.

### **Розробка рецептури низькокалорійного лимонадного концентрату з використанням натуральних підсолоджувачів**

Останнім часом зростає попит на альтернативні напої для заміни солодких напоїв. Потреба споживачів у здорових та функціональних напоях разом із простою гідратацією призвела до зростання ринку функціональних напоїв та ароматизованої води.

Як сировину для виробництва лимонадних концентратів обрано такі рослинні продукти: плоди груші, лимона, обліпихи, імбир, бульби топінамбура та натуральний цукрозамінник стевізид, а основну фруктову сировину для лимонадних концентратів вибрали плоди груші сорту Бере Боск, що відповідають вимогам ДСТУ 8326:201 [16].

Плоди лимону також є компонентом натуральних лимонадних концентратів і повинні відпо- відати вимогам ДСТУ 4429-82 [17].

Імбир містить понад 100 активних речовин, зокрема ефірні олії, вітаміни (С, В1, В2), мінерали (магній, калій, фосфор), амінокислоти та антиоксиданти. Особливо цінним є гінгерол – сполука, що надає імбиру характерний гострий смак і забезпечує його лікувальні властивості.

Корінь імбиру, який використовується для виробництва лимонадних концентратів, повинен відповідати вимогам ДСТУ 8005:2015 «Прянощі. Імбир. Технічні умови» [18].

Топінамбур належить до природних цукрозамінників. Для використання у виробни- цтві лимонадних концентратів він має відповідати показникам якості, визначеним у ДСТУ 8046:2015 «Топінамбур (земляна груша) свіжий. Технічні умови» [19].

Обліпіха є одним із найцінніших джерел вітаміну С, необхідного для підтримки імунітету, здоров'я шкіри та синтезу колагену. Одна порція цих плодів містить у понад три рази більше вітаміну С, ніж рекомендована добова норма [20].

Стевіозид – це натуральний підсолоджувач, отриманий із рослин, а не синтетичний заміник цукру. Численні дослідження підтвердили його безпечність для здоров'я та негативного впливу на організм.

Для проведення досліджень розроблено дослідні рецептури низькокалорійних лимонадних концентратів, які представлені в табл. 3.3.5.

Таблиця 3.3.5

### Експериментальні рецептурні композиції

Назва продукту	Кількість, г
Сік груші (К1) / (К2)	500/599,5
Очищений корінь імбиру	5
Обліпіха ягоди	145
Топінамбур	200
Сік лимона	50
Цукор (К1) / стевіозид (К2)	100/0,5
Вихід	1000/1000

Для виробництва лимонадного концентрату обирали груші, які перебували в технічній стадії зрілості. Для цієї мети використовували плоди з більш щільною структурою і без кам'янистих включень, щоб забезпечити однорідність продукту. Спочатку груші ретельно мили, видаляли плодоніжки й насіння, після чого акуратно очищали від шкірки, щоб уникнути залишків, які могли б вплинути на текстуру кінцевого продукту. Далі очищені груші нарізали на скибочки товщиною 3–4 мм. Підготовлені шматочки піддавалися бланшуванню в 1,5 % розчині лимонної кислоти. Цей етап проводили при температурі 85 °С протягом трьох хвилин, що допомагало зберегти потрібний рівень твердості та підготувати плоди для подальшої обробки.

Окрім фруктів, у процес приготування включали коренеплоди топінамбура. Їх також ретельно мили у три етапи: спочатку замочували для видалення забруднень, далі очищували та ополіскували. Після цих процедур продукт проходив інспекцію для видалення непридатних частин, сортувався за якістю та піддавався бланшуванню. Для топінамбура використовували бланшування паром при високій температурі – 120 °С протягом п'яти хвилин. Завершивши термічну обробку, коренеплоди одразу охолоджували для запобігання втраті корисних властивостей.

Далі спеціально підготовлені лимони, обліпіху та імбир проходили процес миття. Для лимонів та імбиру передбачалося обов'язкове очищення від шкірки, що дозволяло досягти більшої ніжності смаку кінцевого продукту, виключаючи можливу гіркоту.

З усіх підготовлених інгредієнтів (груші, лимони та топінамбур) віджимали сік. У отриману суміш натуральних соків додавали свіжі ягоди обліпіхи, дрібно нарізаний імбир і цукор. Отриману масу доводили до кипіння, дотримуючись зазначених пропорцій, після чого продовжували варити на середньому вогні

протягом 15–20 хвилин зі стабільним перемішуванням для досягнення однорідності. Потім варену суміш залишали охолоджуватися до кімнатної температури. Після охолодження її фільтрували для усунення залишків твердих часток, забезпечуючи чистоту та прозорість кінцевого продукту.

На завершальному етапі концентрат нагрівали до температури 100 °С і фасували гарячим розливом у заздалегідь стерилізовані скляні пляшки. Після наповнення пляшки герметично закривали кришками для збереження аромату та смаку, а потім охолоджували до безпечної температури зберігання. Готову продукцію маркували й розміщували на зберігання при температурному режимі від 0 до 5 °С. При дотриманні цих умов концентрат можна використовувати протягом двох місяців, зберігаючи всі його корисні та смакові властивості.

З метою оцінки розроблених рецептур низькокалорійних лимонадних концентратів проведено органолептичні дослідження, а також визначено енергетичну цінність та глікемічний індекс дослідних композицій.

Перед проведенням органолептичної оцінки лимонадні концентрати розводили питною водою у співвідношенні 1:3. Після маркування тризначним кодом зразки доставляли на оцінку при температурі  $25 \pm 1$  °С разом з оціночною карткою. Між випробуваннями надавали питну воду. Кількісну оцінку ознак проводили за неструктурованою 10-бальною шкалою від 0 до 10 умовних одиниць з відповідними прив'язками слів:

– запах – грушевий, солодкий, нектарний, винний, металевий, різкий та «інший»;

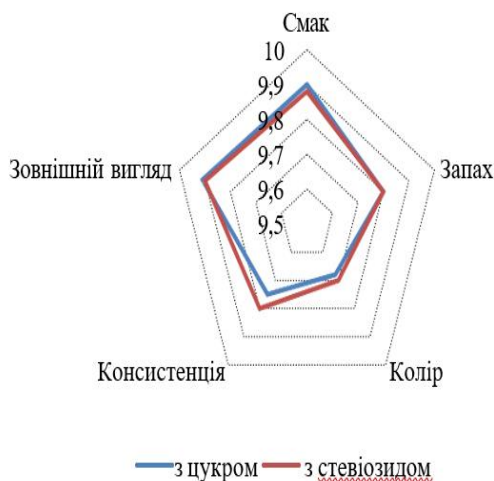
– смак – солодкий, пряний (деревний), металевий, терпкий, гіркий, кислий та «інший»;

– колір – однорідний за всією масою світлий, однорідний за всією масою більш темний, незначне знебарвлення, неоднорідний;

– консистенція – однорідна рідка, однорідна помірної в'язкості, однорідна густа, неоднорідна з включеннями шматочків фруктів;

– зовнішній вигляд – незначний осад на дні тари; наявність частинок м'якоті; наявність маслянистого кільця на поверхні лимонаду з обліпихового соку.

Для оцінки бажаності використовувався метод класичної гедонічної шкали з 9-бальною класичною гедонічною шкалою: 9 – мені надзвичайно подобається; 8 – мені дуже подобається; 7 – мені подобається; 6 – у міру подобається; 5 – мені це ні не подобається; 4 – трохи не подобається; 3 – помірно не подобається; 2 – мені це дуже не подобається; 1 – мені це надзвичайно не подобається. Респондентів просили вказати властивості продукту (колір, смак, запах, консистенція тощо), які найбільше вплинули на їх оцінку. Результати дегустаційної оцінки дослідних зразків наведені на рис 3.3.10.



**Рис. 3.3.10. Профілограми загальної органолептичної оцінки лимонадних концентратів із цукром та стевіозидом**

Сумарна дегустаційна оцінка дослідної рецептурної композиції К1 (із цукром) стано- вила 49,08 бала, середня – 9,816 бала, композиції К2 (зі стевіозидом) – 49,04 бала, а середній бал – 9,808. Дегустаційна оцінка обох лимонадних концентратів була майже однаковою. Проте в багатьох дослідженнях [10] стевія має специфічний гіркуватий або лакричний післясмак, який не всім подобається. Топінамбур компенсує недоліки стевії. Бульби топінамбура містять природні фруктани, зокрема інулін, які мають м'який солодкуватий смак і здатні згладжувати негативний ефект стевії.

Одними з основних чинників, що найбільше вплинули на оцінку лимонадних концентратів з боку споживачів, стали смак і запах. Колір та консистенція концентратів отримували менше уваги та згадувалися лише епізодично. Енергетична цінність є важливим показником функціональності продукту. Макронутрієнти, що входять до складу різних компонентів у рецептурі концентратів, впливають на показники цієї цінності.

У межах проведених досліджень була визначена енергетична цінність розроблених лимонадних концентратів. Розрахунки проводили відповідно до загальновизнаного принципу, за яким білки, жири та вуглеводи, повністю окиснюючись в організмі людини, виділяють різні обсяги теплової енергії. Зокрема, 1 г засвоюваних білків забезпечує 4,0 ккал (16,7 кДж), 1 г жирів – 9,0 ккал (37,7 кДж), а 1 г вуглеводів – 3,75 ккал (15,7 кДж).

Вихідні дані для виконання розрахунків представлені в табл. 3.3.6.

Для розрахунку енергетичної цінності дослідних рецептурних композицій функціональних лимонадних концентратів проводили за формулою:

$$ЕЦ = 4 \cdot \sum \text{білків} + 9 \cdot \sum \text{жирів} + 3,75 \cdot \sum \text{вуглеводів}; (1)$$

К1: на 1000 г

$$ЕЦК1 = 4 \cdot 7,8 + 9 \cdot 2,64 + 3,75 \cdot 166,3 = 678,585 \text{ ккал}$$

або на 100 г – 67,85 ккал.

К2: на 1000 г

$$ЕЦК2 = 4 \cdot 8,19 + 9 \cdot 2,83 + 3,75 \cdot 61,45 = 288,66 \text{ ккал}$$

або на 100 г – 28,86 ккал.

Таблиця 3.3.6

**Вихідні дані для розрахунку енергетичної цінності лимонадних концентратів**

Сировина	Рецептурна кількість, г	Білки		Жири		Вуглеводи	
		100, г	Вихід	100,г	Вихід	100,г	Вихід
Рецептурна композиція К1							
Сік груші	500	0,4	2,0	0,2	1,0	1,0	5,0
Очищений корінь імбиру	5	1,8	0,09	0,8	0,04	18	0,9
Обліпіха ягоди	145	0,8	1,16	1,0	1,45	11	15,95
Топінамбур	200	2,0	4	0	0	17	34
Сік лимона	50	1,1	0,55	0,3	0,15	9,3	4,65
Цукор	100	0	0	0	0	99,8	99,8
Вихід	1000	–	7,8	–	2,64	–	160,3
Рецептурна композиція К2							
Сік груші	599,5	0,4	2,39	0,2	1,19	1,0	5,95
Очищений корінь імбиру	5	1,8	0,09	0,8	0,04	18	0,9
Обліпіха ягоди	145	0,8	1,16	1,0	1,45	11	15,95
Топінамбур	200	2,0	4	0	0	17	34
Сік лимона	50	1,1	0,55	0,3	0,15	9,3	4,65
Стевіозид	0,5	0	0	0	0	0	0
Вихід	1000	–	8,19	–	2,83	–	61,45

Проведені дослідження показали, що енергетична цінність розробленого лимонадного концентрату з цукром становить 67,85 ккал на 100 г (рецептура К1), тоді як концентрат без цукру на основі стевіозиду має енергетичну цінність 28,86 ккал на 100 г (рецептура К2).

Результати проведених розрахунків виявили, що лимонадні концентрати, створені на основі топінамбуру та стевіозиду, можуть бути віднесені до категорії дієтичних продуктів завдяки їхній низькій калорійності. Крім того, використання стевіозиду як заміника цукру не тільки підкреслює їхній дієтичний статус, але й дозволяє класифікувати ці концентрати як низькокалорійні, що робить їх привабливим варіантом для людей, які прагнуть скоротити споживання калорій, підтримуючи при цьому здоровий спосіб життя.

Дослідження, присвячені лимонадним концентратам, охоплюють широкий спектр аспектів, зокрема детальний аналіз їхніх органолептичних характеристик, визначення енергетичної цінності, а також вивчення такого важливого показника, як глікемічний індекс (ГІ). Глікемічний індекс цих продуктів є динамічною характеристикою, яка може значно коливатися залежно від складу конкретного концентрату. Особливу роль у формуванні цього показника відіграє пропорція між основними складовими: фруктами, ягодами, цукром та іншими інгредієнтами, що входять до рецептури напою. Відзначається, що чим нижчим є глікемічний індекс готового продукту, тим менший він чинить вплив на підвищення рівня цукру в крові споживача. Таким чином, оцінювання цього параметра є важливим для розробки більш безпечних і здорових напоїв, орієнтованих на споживачів з різними харчовими потребами та здоров'яними обмеженнями.

Швидкість підвищення рівня глюкози в крові після вживання фруктів значно залежить від їхнього хімічного складу, різновиду та способу, у який вони були оброблені перед споживанням. Фрукти, що характеризуються низьким умістом природних цукрів у поєднанні з високим рівнем харчових волокон, такі як яблука чи груші, зазвичай мають значно нижчий глікемічний індекс. Це означає, що після їх вживання рівень глюкози в крові підвищується повільніше, ніж у випадку фруктів з високим умістом простих цукрів, таких як банани чи виноград. Крім того, важливим фактором є додавання цукру до фруктів. Ця дія суттєво збільшує їх глікемічний індекс, адже додатковий цукор швидко розщеплюється організмом, перетворюючись на глюкозу, яка миттєво потрапляє в кровообіг. Такий ефект може бути особливо важливим для людей, які регулюють рівень цукру в крові, як-от ті, хто дотримується спеціальних дієтичних рекомендацій або страждає на цукровий діабет.

Глікемічний індекс, або скорочено ГІ, оцінюють за шкалою від 0 до 100, що дозволяє класифікувати продукти за їх впливом на рівень глюкози в крові. За цією шкалою ГІ вважають низьким, якщо його значення складає 55 одиниць або менше, середній ГІ характеризується діапазоном від 56 до 69 одиниць, а високий визначається значенням 70 одиниць і більше. Під час дослідження, при визначенні глікемічного індексу концентратів для лимонадів, ураховували як середнє значення ГІ, так і кількісний склад кожного зі складників рецептури. Узагальнені результати проведених розрахунків представлені в табл. 3.3.7.

Таблиця 3.3.7

### Результати розрахунку глікемічного індексу лимонадних концентратів

Сировина	Рецептурна кількість, г	Глікемічний індекс	
		100 г	Вихід
Рецептурна композиція із цукром			
Сік груші	500	30	150
Очищений корінь імбиру	5	15	0,75
Обліпіха ягоди	145	15	21,75
Топінамбур	200	15	30
Сік лимона	50	20	10
Цукор	100	65	65
Вихід	1000	–	277,5
	100	–	27,7
Рецептурна композиція зі стевіозидом			
Сік груші	599,5	30	179,85
Очищений корінь імбиру	5	15	0,75
Обліпіха ягоди	145	15	21,75
Топінамбур	200	15	30
Сік лимона	50	20	10
Стевіозид	0,5	0	0
Вихід	1000	–	242,35
	100	–	24,2

Результати дослідження свідчать, що глікемічний індекс лимонадних концентратів, незалежно від їх рецептури, не перевищує 35 і належить до категорії продуктів з низьким глікемічним індексом. Ці показники відповідають результатам попередніх наукових досліджень.

### **Висновки за розділом 3.3**

Сьогодні однією з основних тенденцій розвитку ринку крафтових безалкогольних напоїв є розробка та впровадження новітніх технологій на основі плодово-ягідної сировини. Дикоросла та культивована рослина сировина є джерелом багатьох біологічно активних речовин, і їх дозування необхідне для отримання функціональної крафтової продукції зі значними поживними властивостями. Розвиток крафтових технологій безалкогольних напоїв спрямований на підвищення біологічної цінності продукту та формування функціональності продукту шляхом додавання плодово-ягідної сировини з великим вмістом БАР.

Виробництво безалкогольних напоїв – це різноманітна група харчових продуктів, які суттєво відрізняються за рецептурним складом, технологією виробництва та споживчими характеристиками. Вони капіталізують купівельні потреби населення і відіграють важливу роль у поповненні енергетичного балансу людини. Виробництво безалкогольних напоїв надзвичайно важливо з багатьох причин. Напої є однією з основних категорій продуктів харчування, які можуть усунути дефіцит мікронутрієнтів у щоденному раціоні людей.

Аналіз науково-технічної літератури показав, що використання плодово-ягідної сировини є важливим напрямом розширення асортименту крафтових чаїв у харчуванні. Ця сировина містить біологічно активні речовини і має антиоксидантні властивості. Наявний асортимент концентрованих крафтових чаїв підтверджує потребу у розробці нових продуктів високої біологічної цінності. Проаналізувавши вплив технологічних прийомів переробки плодів і ягід дійшли висновку, що створення на їх основі готової продукції з високим вмістом флавоноїдних сполук, які зумовляють його біологічну цінність і дадуть можливість використовувати отримане концентроване пюре для отриманих на їх основі крафтових чаїв.

Науково обґрунтована методологія дозволить уникнути емпіричного підходу при пошуку сировинної бази і визначенні різних аспектів доцільності комбінування шляхом розрахунку критеріїв участі окремих компонентів рецептури у формуванні якості нових продуктів. Після проведення маркетингових досліджень можна стверджувати, що перспективним напрямком створення продуктів функціонального харчування є створення безалкогольних напоїв з використанням рослинної сировини, а саме – концентровані крафтові чаї, який на сьогоднішній день набуває все більшої популярності. Споживання цього чаю дозволить значно підвищити рівень забезпечення організму людини корисними речовинами. Розроблені рецептури оздоровчого напою рекомендовані для використання в підприємствах ресторанного господарства для широкого кола населення.

Запропонована інноваційна модель виробництва емульсійних соусів, подібних до майонезу нового покоління, передбачає використання в якості основного компонента напівфабрикату, який виконує функції емульгатора завдяки наявності сироваткових білків та структуроутворювача завдяки високому вмісту розчинного пектину. У результаті проведених досліджень визначено діапазон значень раціональних параметрів окремих показників технологічного процесу приготування таких емульсійних соусів. Тому встановлення оптимальних значень є об'єктивно обґрунтованим.

Дослідження реологічних та функціонально-технологічних властивостей дозволили встановити, що зі збільшенням вмісту FMPP зростає напруження зсуву модельних систем. На основі отриманих даних констатовано, що за вмісту FMPP 30 % досягається максимальна реалізація структуроутворювальних властивостей, а системи характеризуються як в'язкопластичні.

За результатами досліджень реологічних та функціонально-технологічних властивостей обґрунтовано раціональне співвідношення CLLW та FMPP як 70:30 та 60:40. Таке співвідношення проявляє високі емульгуючі та стабілізуючі властивості, що дозволяє отримувати емульсійні системи з максимальною стабільністю при вмісті олії 60 %.

Результати дегустаційної оцінки обох варіантів рецептурних композицій лимонадних концентратів виявилися досить високими та практично однаковими. Основними чинниками, що впливали на органолептичне сприйняття напоїв, споживачі визначили смак і аромат. Натомість увага до кольору та консистенції проявлялася лише епізодично.

У ході досліджень вдалося розробити оптимальну рецептуру лимонадних концентратів із використанням заміників цукру в чітко визначених пропорціях. Завдяки цьому вдалося суттєво знизити калорійність продукту – майже в 2,35 раза порівняно з традиційною рецептурою, що ґрунтується на цукрі.

Доданий до складу стевіозид не впливає на рівень цукру в крові, а топінамбур відзначається дуже низьким глікемічним індексом, що робить їхню комбінацію особливо корисною для людей із діабетом або тих, хто контролює рівень глюкози. Лимонадні концентрати зі стевіозидом мають на 1,15 нижчий глікемічний індекс у порівнянні з напоями, виготовленими на основі цукру. Зокрема, додавання топінамбура як до звичайної рецептури з цукром, так і до варіантів зі стевіозидом пом'якшує смак напоїв, робить його більш приємним, одночасно збагачуючи продукт корисними властивостями.

Нові низькоглікемічні рецептури лимонадних концентратів стали перспективною розробкою для людей із певними проблемами зі здоров'ям, такими як надмірна вага, діабет другого типу або ожиріння.

### **Список публікацій за розділом 3.2**

*Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Dudarev, I.; Shemet, V.; Sydoruk, T.; Andrushchenko, M.; Semenov, A.; Borusiewicz, A.; Hutsol, T. Physicochemical and Sensory Properties of Frozen Dessert

Containing Soy Milk. *Appl. Sci.* 2025, 15, 11455.  
<https://doi.org/10.3390/app152111455>

2. Bal-Prylypko, L., Serdyuk, M., Bandura, V., Drachuk, U., Andrushchenko, M., Shlapak, H., Halukh, B., & Kirovich, N. (2025). Substantiating the efficiency of using packaging with oxygen absorber when storing small-piece natural semi-finished meat products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (136), 90–102.  
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.335516/>

3. V. V. Tkach. Yu. M. Honchar, Zh. O. Kormosh. THE THEORETICAL DESCRIPTION FOR SUCRALOSE AND LACTIC ACID DETERMINATION IN BREAST MILK. *Orbital – The Electronic Journal of Chemistry*.

4. Yuliia Honchar, Victoriya Gnitsevych. Improving the quality of dairy sauces by using condensed low-lactose milk whey. Part of the collective monograph "Food technology progressive solutions". Tallinn, Estonia. Scientific Route OÜ. 2024. P. 152-168. DOI: 10.21303/978-9916-9850-4-5.ch6  
 URL:<https://monograph.route.ee/rout/catalog/book/978-9916-9850-4-5>.

5. Tetiana Kolisnychenko, Kateryna Sefikhanova. Crafting fermented pepper-based hot sauces. Part of the collective monograph "Food technology progressive solutions". Tallinn, Estonia. Scientific Route OÜ. 2024. P. 169-187. doi:<https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch7>

6. Priss, O., Korchynskyy, I., Kryvko, Y., Korchynska, O. (2023). Leveraging horseradish's bioactive substances for sustainable agricultural development. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 18, No. 8, pp. 2563-2570. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180828>  
<https://www.iieta.org/journals/ijstdp/paper/10.18280/ijstdp.180828>

7. Demydova, A., Yevlash, V., Aksonova O., & Priss, O. Study of ways to reduce the viscosity of sunflower lecithin *Food Science and Technology*, (2023). 17(1), 4-11  
<https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2557> Retrieved <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/foodtech/article/view/2557>

8. Priss, O.; Pugachov, M.; Pugachov, V.; Yaremko, I.; Shchabelska, V. The Development of the World Economy and the Impact of the Global Food Crisis 2022–2023. *Econ. Aff.* 2023, 68, 35–42. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.1s.2023.5>.

9. Hutsol, T.; Priss, O.; Kiurcheva, L.; Serdiuk, M.; Panasiewicz, K.; Jakubus, M.; Barabasz, W.; Furyk-Grabowska, K.; Kukharets, M. Mint Plants (*Mentha*) as a Promising Source of Biologically Active Substances to Combat Hidden Hunger. *Sustainability* 2023, 15, 11648. <https://doi.org/10.3390/su151511648>.

10. Priss, O., Glowacki, S. (2024). Strategies for reducing postharvest losses of vegetables through integral assessment of antioxidant status. *Food technology progressive solutions*. Tallinn: Scientific Route OÜ, 4-27. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch1>

**Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз**

11. Сердюк М., Бандура В., Колісниченко Т., Сефіханова К. Розробка джемів зі зниженим глікемічним індексом. *Herald of Khmelnytskyi National University*.

*Technical sciences*. 2025, 353 (3.2), 160-166. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-353-22>.

12. Колісниченко Т.О., Четверікова Я.С. Розробка технології джемів із локальної сировини для підприємств ресторанного господарства. Актуальні проблеми та перспективи розвитку індустрії гостинності і крафтових виробництв: I Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 95-річчю заснування Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, 20 листопада 2025 р. : [тези] / за загал. редак. О. Ю. Давидової [та ін.]. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2025. – 742 с.

13. Розробка рецептури низькокалорійного лимонадного концентрату з використанням натуральних підсолоджувачів / В. М. Бандура., О. П. Прісс., Т. О. Колісниченко., Д. І. Сердюк // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. Технічні науки / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика». 2025. Вип. 25, т. 1. С. 85-92. DOI: 10.32782/2078-0877-2025-25-1-10. <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/19319>

14. Tetiana Kolisnychenko, Marina Serdyuk. Use of berry raw materials in fruit drinks for restaurant establishments. proceedings of the I International Scientific-Practical Conference “Scientific strategies in the context of global challenges” «ISPC-SSCGC 2024» April, 16, 2024 Warsaw (Poland) 2024. P. 144-146. [https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-06/Polinkevych\\_16\\_04\\_2024\\_MAN\\_Warszawa.pdf](https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-06/Polinkevych_16_04_2024_MAN_Warszawa.pdf)

### Тема 3.4 Удосконалення технології зберігання м'яса птиці із застосуванням природних фенольних сполук

**Керівник:** Данченко О.О.

**Виконавці:** Майборода Д.О.  
Данченко М.М.

**Реферат.** У роботі досліджено вплив включення до раціону гусей породи Легарт Датський вегетативних частин вівса (*Avena sativa L.*) та люцерни (*Medicago sativa L.*) на фізико-хімічні, біохімічні та нутритивні властивості м'яса під час 90-добового замороженого зберігання. Порівняння контрольної та дослідної груп продемонструвало, що заміна 50 % зеленої маси на суміш вівса і люцерни зумовлює покращення вологості, зменшення втрат маси при розморожуванні та пригнічення інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів завдяки надходженню природних антиоксидантів. Крім того, встановлено збагачення м'яса моно- та поліненасиченими жирними кислотами, оптимізацію співвідношення  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 та підвищення вмісту незамінних амінокислот, що свідчить про зростання біологічної цінності продукції.

Отримані результати підтверджують доцільність використання вівса та люцерни як природних фітокомпонентів для покращення стабільності, харчової цінності та технологічних властивостей м'яса водоплавної птиці під час тривалого зберігання, що розширює можливості застосування рослинних кормових добавок як альтернативи синтетичним антиоксидантам.

М'ясо птиці, зокрема водоплавної, є одним із найбільш цінних компонентів людського харчування завдяки високій поживній щільності, біологічній повноцінності білків, оптимальному вмісту вітамінів і мінералів, а також низькій частці жиру. Серед основних мікроелементів, які містяться в м'ясі, виділяють залізо, цинк, фосфор, калій, магній, кальцій, натрій та інші, що робить цей продукт незамінним елементом раціону в умовах зростаючої харчової незбалансованості [1].

Впродовж останніх десятирічч відзначається стабільне зростання глобального попиту на м'ясо птиці. За даними аналітичних звітів, світове виробництво цієї продукції може перевищити 145 мільйонів тонн до 2029 року, що зумовлено не лише її харчовою цінністю, а й економічною доступністю [2]. Водночас зовнішні виклики — пандемія COVID-19, порушення логістичних ланцюгів, збройні конфлікти, зокрема війна в Україні — негативно вплинули на стабільність агропромислового виробництва в цілому, і птахівництва зокрема [3–5]. Ці події актуалізували потребу в ефективному відновленні галузі на основі локальних ресурсів, адаптованих до нових реалій.

Гусівництво як сегмент птахівництва володіє значним потенціалом у контексті розширення виробництва та диверсифікації м'ясної продукції. Гуси мають високий коефіцієнт використання пасовищних кормів, відзначаються витривалістю та низькими витратами на вирощування, що робить їх

привабливими для малих та середніх фермерських господарств. Розвиток гусівництва може також стати елементом продовольчої безпеки в регіонах із обмеженими можливостями інтенсифікованого виробництва [6].

Незважаючи на поживну цінність м'яса гусей, питання його стійкості під час зберігання залишається відкритим. Відомо, що м'ясо гусей має високий вміст ненасичених жирних кислот, особливо лінолевої (C18:2 n-6), ліноленової (C18:3 n-3), олеїнової (C18:1 n-9) та арахідонової (C20:4 n-6), які при тривалому зберіганні схильні до окисного псування [7]. Це негативно позначається як на органолептичних властивостях продукту (колір, запах, смак, текстура), так і на його біологічній цінності та безпечності для споживача [8]. Окислення ліпідів, як немікробна форма псування, є головною причиною погіршення якості м'яса в умовах низькотемпературного зберігання [9].

На сьогоднішній день існує два основних підходи до підвищення антиоксидантної стабільності м'яса: застосування екзогенних антиоксидантів (добавок до м'ясної сировини) та модифікація кормових раціонів птиці шляхом включення природних джерел біоактивних речовин. Хоча додавання екстрактів спецій та рослин (гвоздики, кмину, імбиру) довело свою ефективність [10, 11], використання природних кормових інгредієнтів є більш економічно виправданим і технологічно прийнятним у промислових умовах.

Згідно з літературними даними, перспективними природними компонентами раціону є овес (*Avena sativa*) і люцерна (*Medicago sativa*). Вони багаті на антиоксидантні фітохімічні сполуки (авенантраміди, токофероли, фенольні кислоти), мають високий вміст клітковини, білків та незамінних амінокислот [12–15]. При цьому їхнє використання у складі корму для водоплавної птиці, зокрема гусей, ще недостатньо досліджене з точки зору впливу на якість м'яса під час зберігання.

У контексті актуальності підвищення продовольчої безпеки, пошуку біологічно обґрунтованих методів подовження терміну зберігання м'ясної продукції та покращення її харчової якості, дослідження, спрямовані на вивчення впливу вівса і люцерни на показники м'яса гусей, мають високу наукову і практичну цінність.

### **Мета досліджень**

*Метою* даної роботи є наукове обґрунтування та практичне удосконалення технології зберігання м'яса гусей шляхом збагачення їх раціону вегетативними частинами вівса (*Avena sativa*) та люцерни (*Medicago sativa*).

*Об'єкт досліджень* – м'ясо гусей породи Легарт Датський, отримане після згодовування різних варіантів зеленого корму.

*Предмет досліджень* – фізико-хімічні та біохімічні показники м'яса (вологозв'язувальна здатність, окиснювальні процеси, жирнокислотний і амінокислотний склад, вміст біоактивних компонентів) за умов згодовування вівса та люцерни.

### Матеріали та методи дослідження

Гіпотеза дослідження була наступною: додавання до корму гусей породи Легарт Датський компонентів, збагачених природними антиоксидантами (зокрема, вівса та люцерни), сприятиме гальмуванню пероксидного окиснення ліпідів у м'ясі. Це, ймовірно, призведе до зменшення рівня продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) і покращення жирнокислотного складу. Крім того, завдяки високій поживній цінності та фітонутрієнтному складу цих кормових добавок, очікується зростання вмісту жиророзчинних вітамінів, а також незамінних жирних та амінокислот у м'ясі гусей.

В межах експерименту було сформовано дві групи гусей по 5 голів. Контрольна група (К) отримувала стандартний раціон, основу якого становили комбікорм та трав'яна маса, переважно з гірчаку пташиного (*Polygonum aviculare* L.). У дослідній групі 50 % трав'яної маси було замінено сумішшю вівса та люцерни в рівних пропорціях. Така модифікація раціону застосовувалась з 7-го по 62-й день вирощування. Забій проводився на 63-тю добу, після чого оцінювались показники забійної продуктивності.

Після забою туші гусей піддавалися стандартному технологічному процесу: знекровлення, термічна обробка (ошпарювання при 70–75 °С), видалення пір'я та нутрощів, промивання, порціонування та охолодження при температурі 0–1 °С.

Надалі м'ясо обох груп зберігалось впродовж 90 діб при температурі –18 °С. У цей період проводили аналітичні дослідження для оцінки основних показників якості, зокрема: кислотності, вмісту вологи, білка, жиру, вологозв'язувальної здатності, втрат маси при розморожуванні, рівня ПОЛ, вмісту вітамінів Е, А та β-каротину, а також амінокислотного та жирнокислотного складу. Всі вимірювання проводили у зразках м'яса грудки.

Вміст вологи у м'ясі визначали методом висушування зважених наважок у бюксах згідно зі стандартною методикою [16].

Вміст білка аналізували фотоколориметричним методом [17].

Для оцінки кількості внутрішньом'язового жиру застосовували метод екстрагування з використанням апарата Соклета та хлороформу. Вологозв'язувальну здатність оцінювали за кількістю води, яка виділялась із 300 мг зразка під час 10-хвилинного пресування вантажем масою 1 кг [16].

Окисні процеси в ліпідах м'яса оцінювались шляхом визначення продуктів, що реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК-активні продукти) [18].

Жирнокислотний склад досліджували методом газорідинної хроматографії [19, 20].

Вітамін Е визначали спектрофотометрично, базуючись на його здатності відновлювати іон  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$ , який при взаємодії з 2,2-дипіридиллом утворює забарвлені комплекси [21].

Вміст вітаміну А встановлювали за утворенням синього комплексу з трифторидом бора ( $C_4H_{10}OBF_3$ ) [21].

Визначення β-каротину здійснювали фотоколориметричним методом за інтенсивністю власного забарвлення при довжині хвилі 450 нм [21].

Амінокислотний склад визначали за допомогою метода іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії на автоматичному аналізаторі Т 339 (Чехія) [22].

Аналіз отриманих даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення SPSS версії 17 (США) та Microsoft Excel 2013 (США) із використанням t-критерію Стьюдента [23].

### Результати дослідження та їх обговорення

У ході дослідження було зафіксовано поступове зниження вмісту вологи у м'ясі грудки як контрольної, так і дослідної групи впродовж 90 діб зберігання (рис. 3.4.1). Загальне зменшення вмісту вологи склало 8 % ( $p \leq 0,01$ ) у контрольній групі та 7,3 % ( $p \leq 0,01$ ) — у дослідній. Починаючи з 45-ї доби зберігання, у м'ясі гусей дослідної групи встановлено достовірно вищий ( $p \leq 0,05$ ) рівень вологи порівняно з контрольною, що свідчить про кращу здатність тканин до утримання вологи при заморожуванні.

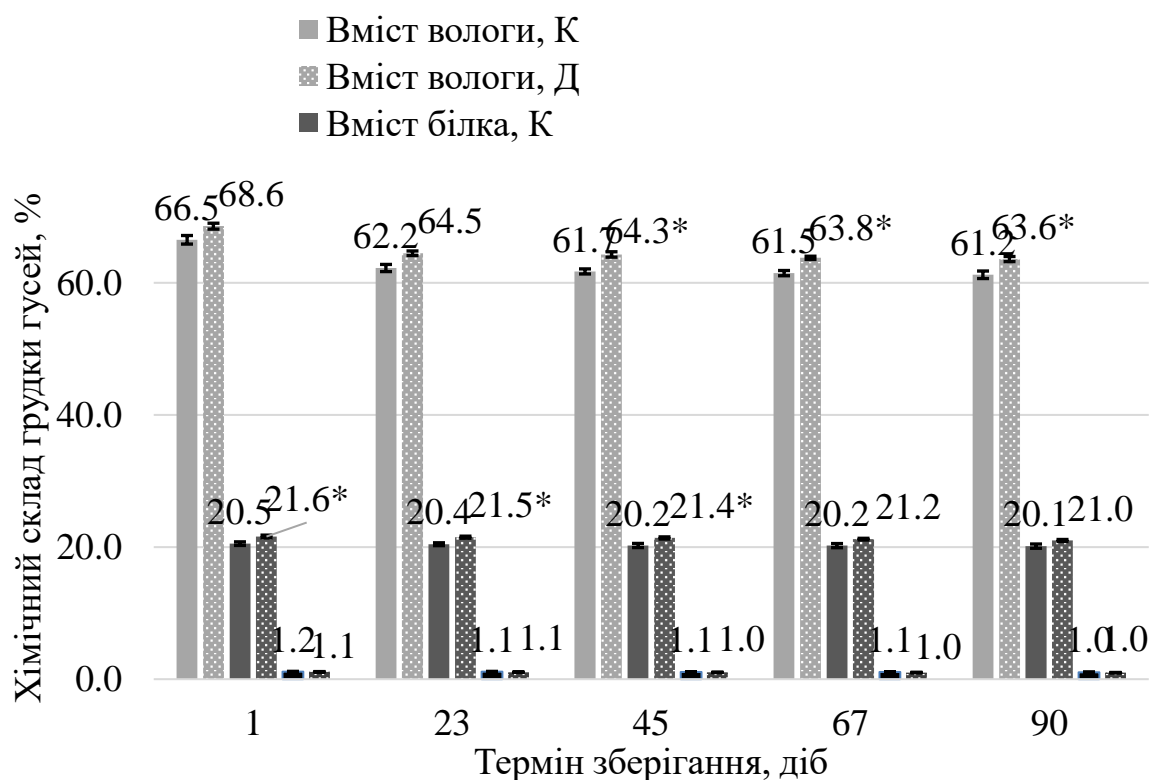


Рис. 3.4.1. Хімічний склад грудки гусей ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Примітка: тут і далі різниця вірогідна відносно контрольної групи: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

Упродовж перших 45 діб у м'ясі грудки гусей дослідної групи рівень білка був вищим порівняно з контрольною групою: зокрема на 1 добу — на 5,3 % ( $p \leq 0,05$ ), на 23 добу — на 5,2 % ( $p \leq 0,05$ ), на 45 добу — на 5,7 % ( $p \leq 0,05$ ). Це може бути зумовлено високим вмістом легкозасвоюваного білка в люцерні та вівсі, що сприяє накопиченню білкових структур у м'язовій тканині. Дослідження на гусях засвідчили, що включення до раціону силосу з люцерни збагачує корм амінокислотами та біологічно активними сполуками. Це сприяє поліпшенню

обмінних процесів, оптимізації травлення і засвоєння поживних речовин, зменшенню жирових відкладень та підвищенню приросту м'язової маси [24].

Вміст внутрішньом'язового жиру залишався відносно стабільним упродовж усього періоду зберігання в обох групах, що свідчить про те, що включення вівса та люцерни до раціону не вплинуло негативно на вміст внутрішньом'язового жиру в м'ясі гусей. Подібні результати були отримані в дослідженні Hwang et al., де інтенсивна годівля люцерною не призвела до значних змін у вмісті жиру в м'ясі кіз [25].

Впродовж 90 діб зберігання грудки гусей показник кислотності (pH) в обох групах залишався сталим (табл. 3.4.1). Відмінності між групами не були статистично достовірними, що вказує на відсутність значущого впливу змін у раціоні на реакцію середовища м'ясної тканини. Отримані значення відповідають фізіологічній нормі для м'яса водоплавної птиці. Збереження нормального рівня pH є важливим для якості м'яса, оскільки надто низький pH може призвести до розвитку дефекту PSE (pale, soft, exudative), що характеризується підвищеними втратами вологи та зниженням якості продукту [26].

Таблиця 3.4.1

**Фізико-хімічних параметрів досліджуваних грудок гусей (M±m, n=5)**

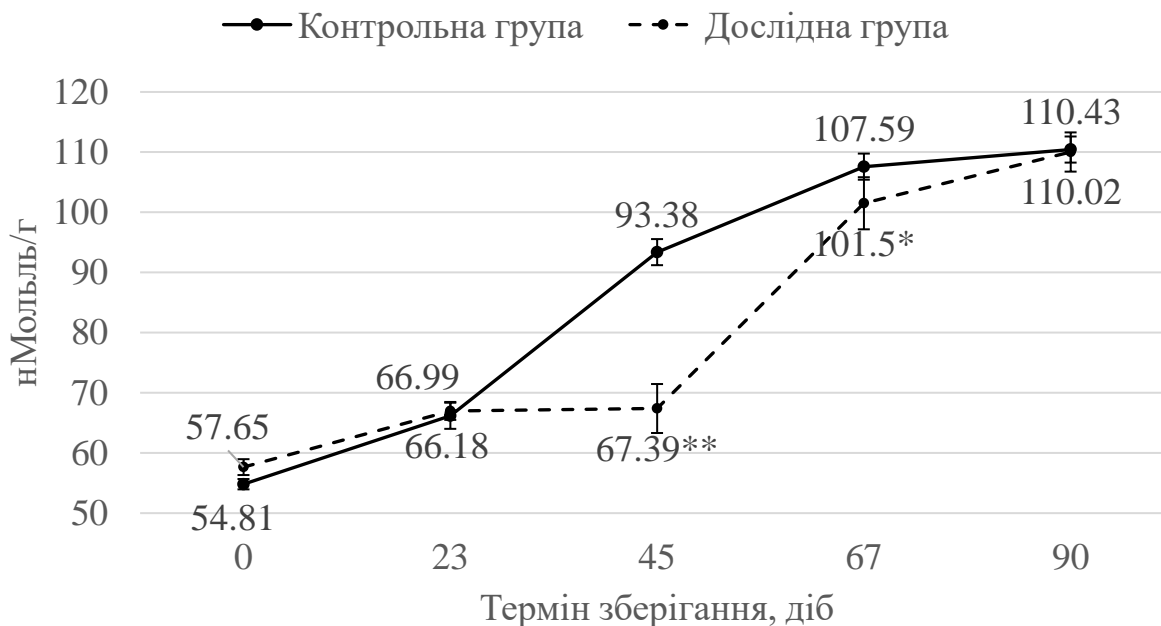
Термін зберігання, діб	pH		Втрати маси при розморожуванні, %		B33, %	
	К	Д	К	Д	К	Д
1	6,3±0,01	6,32±0,01	–	–	87,6±1,07	92,2±1,11
23	6,29±0,01	6,32±0,01	2,41±0,08	2,13±0,07*	76,8±1,49	84,7±0,6
45	6,27±0,01	6,31±0,01	2,76±0,05	2,42±0,07*	73,1±1,09	81,1±0,64*
67	6,27±0,01	6,31±0,01	2,81±0,05	2,51±0,05*	70,6±1,46	79,3±0,85*
90	6,26±0,01	6,3±0,01	2,95±0,05	2,64±0,07	70,8±1,68	78,6±1,36*

Упродовж усього періоду зберігання втрати маси при розморожуванні зростали, проте значення цього показника залишалися статистично нижчими у дослідній групі. Найбільша різниця зафіксована на 45-ту добу зберігання, де втрати вологи у дослідній групі були на 12,3 % меншими ( $p \leq 0,05$ ), що є ознакою кращої структурної цілісності м'язової тканини. Це може бути пов'язано з впливом фітонутрієнтів, присутніх у вівсі та люцерні, на структуру м'язової тканини, що сприяє кращому утриманню вологи.

Показник вологозв'язувальної здатності (B33) був стабільно вищим у дослідній групі впродовж усього періоду дослідження. З 23-ї доби спостерігалось зниження B33 у м'ясі обох груп, однак значення в дослідній групі залишалися вищими. Максимальна різниця була зафіксована на 67-му добу зберігання і скрадає 12,4% ( $p \leq 0,05$ ). Це вказує на кращу гідратаційну здатність м'яса гусей, які споживали вівсяно-люцерновий раціон. Покращення вологозв'язувальної здатності сприяє зменшенню втрат води під час процесів кріоконсервування і наступного розморожування. При заморожуванні вода у складі м'яса кристалізується, що може викликати механічні ушкодження м'язових структур,

сприяючи дегідратації під час розморожування. Однак, за умови високого рівня ВВЗ, структурна цілісність м'ясних волокон зберігається краще, що дозволяє мінімізувати втрати води та маси продукції після розморожування.

У ході дослідження встановлено, що впродовж усього періоду зберігання в м'ясі гусей обох груп спостерігалось поступове накопичення кінцевих продуктів пероксидного окиснення ліпідів (рис. 3.4.2). Проте інтенсивність цього процесу суттєво відрізнялася між контрольними та дослідними зразками.



**Рис. 3.4.2. Динаміка вмісту кінцевих продуктів окиснення ліпідів у м'ясі грудки гусей при зберіганні ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

У м'ясі контрольної групи вміст кінцевих продуктів ПОЛ збільшувався досить інтенсивно. Найбільш виражене зростання спостерігалось в період між 23-ю та 45-ю добою, коли вміст ПОЛ підвищився на 41,1 %, а також між 45-ю та 67-ю добою — ще на 15,2 % ( $p \leq 0,01$ ). Упродовж подальшого періоду зберігання рівень продуктів пероксидного окиснення ліпідів у м'ясі контрольної групи залишається стабільним.

На початку зберігання і до 23-ї доби рівень вмісту продуктів ПОЛ у м'ясі гусей дослідної групи значно не відрізнявся від м'яса контрольної групи. Однак подальша динаміка демонструє сповільнення процесів накопичення вторинних продуктів окиснення, що може свідчити про активізацію антиоксидантного захисту в тканинах. Найбільш виражена різниця між групами спостерігалася на 45-ту добу зберігання, де вміст продуктів ПОЛ у м'ясі дослідної групи був на 27,8 % ( $p \leq 0,01$ ) меншим, ніж в контрольних зразках. Це свідчить про стабілізацію окиснювальних процесів і тривале збереження прооксидантно-антиоксидантної рівноваги. З 45-ї до 67-ї доби у м'ясі дослідної групи розпочалась активізація пероксидних процесів, за яких рівень вмісту продуктів ПОЛ підвищився на 50,6% ( $p \leq 0,01$ ). Наприкінці терміну зберігання рівні ПОЛ у м'ясі обох груп практично

вирівнялися, що свідчить про поступове вичерпання антиоксидантного ресурсу тканин дослідної групи.

Отримані результати свідчать про те, що включення вівса та люцерни до раціону гусей сприяє подовженню термінів стабілізації прооксидантно-антиоксидантної рівноваги під час зберігання м'яса [27]. Це може бути пов'язано з високим умістом природних антиоксидантів у вівсі та люцерні, таких як фенольні сполуки, токофероли та каротиноїди, які здатні нейтралізувати вільні радикали та уповільнити процеси окиснення ліпідів [28]. Встановлено, що антиоксидантна активність та якісний склад нутрієнтів, які надходять в організм тварин, значною мірою залежать від компонентного складу кормового раціону та ступеня біодоступності біологічно активних речовин (БАР) [29]. Виявлені зміни у динаміці кінцевих продуктів пероксидного окиснення в м'ясі експериментальних тварин, ймовірно, зумовлені присутністю авенантрамідів, поліфенольних сполук, флавоноїдів та інших БАР, що надходили до організму гусей разом із кормами на основі вівса та люцерни. Це чинить безпосередній вплив на біохімічні характеристики та підвищує біологічну цінність м'ясної продукції [30].

Жирнокислотний склад (ЖКС) м'яса гусей після введення в раціон вегетативних частин вівса та люцерни зазнав суттєвих змін (табл. 3.4.2). На момент забою у м'ясі дослідної групи спостерігався вищий вміст лінолевої кислоти (18:2  $\omega$ 6) на 21,1 % ( $p \leq 0,01$ ), ліноленової (18:3  $\omega$ 3) на 15,6 % ( $p \leq 0,01$ ), докозагексаєнової кислоти (22:6  $\omega$ 3) на 12,7 % ( $p \leq 0,01$ ). Загальний вміст  $\omega$ 3-ПНЖК у м'ясі грудки дослідної групи вищий на 13,9 % ( $p \leq 0,01$ ). Водночас у дослідній групі вміст арахідонової кислоти (20:4  $\omega$ 6) нижчий на 26,9 % ( $p \leq 0,01$ ).

Після 90 діб низькотемпературного зберігання у м'ясі контрольної групи спостерігалось зниження вмісту олеїнової кислоти (18:1) на 13,1 % ( $p \leq 0,01$ ), ліноленової (18:3  $\omega$ 3) на 21,3 % ( $p \leq 0,01$ ), докозагексаєнової кислоти (22:6  $\omega$ 3) на 10,4 % ( $p \leq 0,01$ ). В дослідних зразках ці показники були вище відповідно на 15,8 % ( $p \leq 0,01$ ), 25,3 % ( $p \leq 0,01$ ) і 10 % ( $p \leq 0,01$ ). Проте за вмістом арахідонової кислоти (20:4  $\omega$ 6) дослідна група поступалась контрольній на 19,1 % ( $p \leq 0,01$ ). Наприкінці терміну зберігання показник загального вмісту  $\omega$ 3-ПНЖК у м'ясі дослідної групи значно не відрізнявся від контрольного. Проте вміст  $\omega$ 6-ПНЖК був нижчий за відповідний показник контрольної групи на 9,9 % ( $p \leq 0,05$ ), що привертає увагу на більш оптимальне співвідношення  $\omega$ 6/ $\omega$ 3, з точки зору дієтології [31].

У цьому розділі наведено результати досліджень щодо можливості використання ферментованого пюре з м'якоті гарбуза з високим вмістом пектину (далі – FMPP) та згущеної у вакуумі низьколактозної молочної сироватки (далі – CLLW) в складі емульсійних соусів, подібних до майонезу. Встановлено раціональні параметри емульгування олії та досліджено характеристики модельних зразків з використанням FMPP та CLLW у різних співвідношеннях. Оцінено якість соусів з об'ємною часткою емульгованої олії 60 %. Для встановлення раціонального співвідношення основних компонентів у напівфабрикаті досліджено реологічні властивості модельних систем, зокрема їх вплив на формування показників структуроутворення, зокрема емульгуючих властивостей. Продемонстровано можливість використання білково-вуглеводного

напівфабрикату (далі – БВНФ) на основі CLLW та FMPP як основи для соусів емульсійного типу майонез.

Таблиця 3.4.2

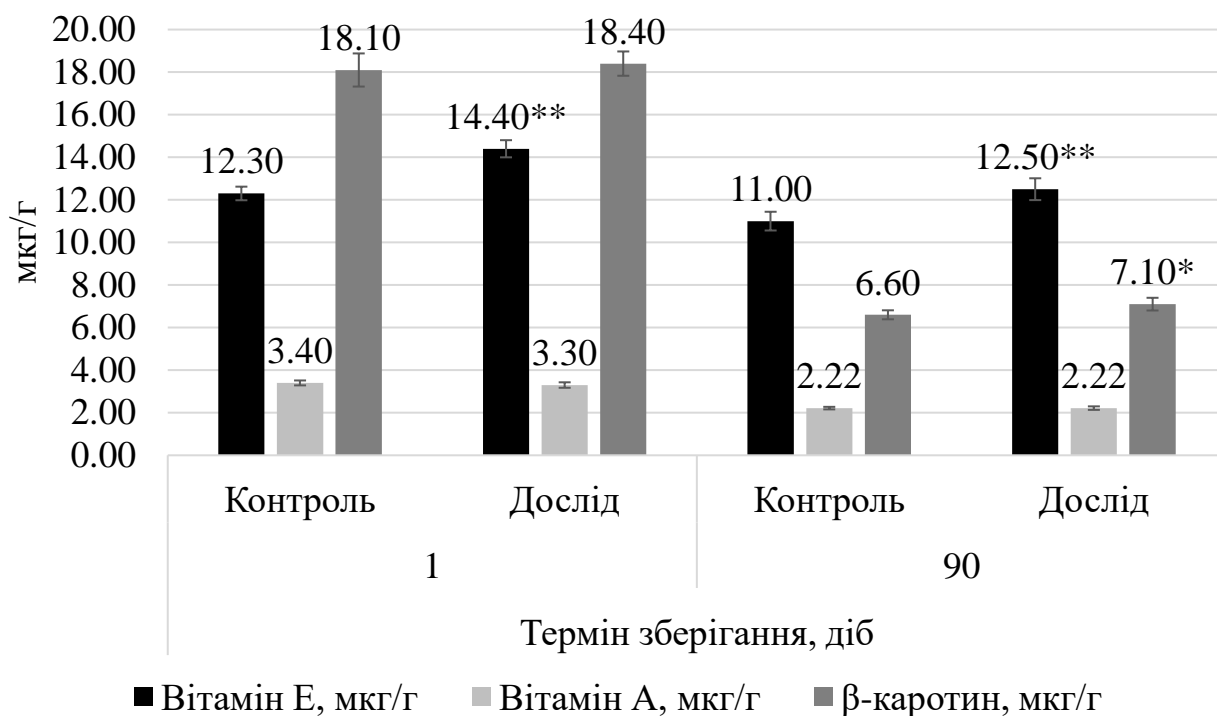
**Динаміка вмісту ( $\omega$ , %) жирних кислот у м'ясі грудки гусей контрольної (К) та дослідної (Д) груп при зберіганні ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

Жирна кислота	Термін зберігання, дів			
	1		90	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
(16:0)	23,3±0,82	24,3±0,85	22,8±0,98	23,0±0,83
(18:0)	13,6±0,53	13,0±0,34	13,9±0,54	13,2±0,38
(18:1)	34,0±1,36	32,4±1,23	29,6±1,30	34,2±1,51**
(18:2) $\omega_6$	13,5±0,55	16,4±0,69	18,1±0,54	17,1±0,77
(18:3) $\omega_3$	0,49±0,02	0,56±0,03	0,38±0,02	0,48±0,01
(20:4) $\omega_6$	9,0±0,31	6,6±0,26**	7,7±0,29	6,2±0,25**
(22:6) $\omega_3$	0,67±0,02	0,76±0,03**	0,60±0,04	0,66±0,03*
SFA	39,5±1,43	39,8±1,28	39,2±1,61	38,1±1,28
UFA	60,4±2,35	60,0±2,35	59,8±2,32	61,8±2,69
MUFA	36,3±1,44	35,3±1,33	31,9±1,38	36,5±1,60**
PUFA	24,1±0,91	24,7±1,02	27,8±0,94	25,3±1,09*
$\omega_3$ PUFA	1,16±0,04	1,32±0,06	1,54±0,07**	1,58±0,04
$\omega_6$ PUFA	22,5±0,86	22,9±0,95	26,2±0,85	23,6±1,03*

Завдяки своїм властивостям ці сполуки можуть ефективно пригнічувати процеси ліпідного окиснення у м'ясі, що сприяє стабілізації ненасичених жирних кислот. Окрім того, модифікація профілю жирних кислот може бути зумовлена високим вмістом лінолевої та ліноленової кислот у складі вівса та люцерни [12]. Ці есенціальні кислоти здатні легко засвоюватися організмом гусей, що, ймовірно, стало фактором, який вплинув на зміну ліпідного складу м'ясної тканини [32]. Підвищення вмісту  $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот у м'ясі гусей після зберігання за знижених температур може свідчити про збереження активності відповідних ферментів, зокрема десатураз [33].

Аналіз вмісту жиророзчинних вітамінів у м'ясі грудки гусей (рис. 3.4.3) виявив позитивний вплив включення до раціону гусей вівса та люцерни на вміст вітаміну Е та  $\beta$ -каротину. На 1-шу добу експерименту вміст вітаміну Е у м'ясі

гусей дослідної групи перевищував показник контрольної групи на 17,1 % ( $p \leq 0,01$ ). Після 90 діб зберігання рівень вітаміну Е у м'ясі контрольної групи знизився на 10,6 % ( $p \leq 0,01$ ). Водночас у м'ясі дослідної групи вітаміну Е було на 13,6 % ( $p \leq 0,01$ ) більше.



**Рис. 3.4.3.** Динаміка вмісту вітамінів Е, А та β-каротину (мкг/г) у м'ясі грудки гусей контрольної (К) та дослідної (Д) груп при зберіганні ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Вміст β-каротину в обох групах був високим на початку дослідження, однак після 90 діб зберігання спостерігалось його значне зниження — на 63,5 % ( $p \leq 0,01$ ) у м'ясі контрольної групи і на 61,4 % ( $p \leq 0,01$ ) дослідної. При цьому й наприкінці дослідження вміст β-каротину в дослідному зразку м'яса залишався вищим на 7,6% ( $p \leq 0,05$ ).

Зростання концентрації вітаміну Е та β-каротину у м'язовій тканині гусей дослідної групи, ймовірно, пов'язано з підвищеним умістом цих нутрієнтів у складі вівса, який виступав джерелом їх надходження в організм птиці [12]. Вищий рівень вітаміну Е та β-каротину в м'ясі грудки дослідної групи на 90-ту добу зберігання може пояснюватися антиоксидантною дією біологічно активних компонентів вівса, зокрема авенантрамідів, що пригнічують інтенсивність окиснювальних процесів у тканинах [34]. Основною причиною втрати β-каротину при зберіганні є ензиматичне та неензиматичне окиснення [35]. Водночас додавання вівса та люцерни до раціону не вплинуло на динаміку вмісту вітаміну А у м'язовій тканині гусей [27].

На тлі використання вівса та люцерни в раціоні гусей встановлені зміни амінокислотного складу м'яса грудки (табл. 3.4.3). На 1 добу експерименту у м'ясі грудки дослідної групи зафіксовано достовірне підвищення рівня аргініну на 27,5

% ( $p \leq 0,01$ ), О-проліну на 77,4 %, ( $p \leq 0,01$ ), лейцину на 13,3 % ( $p \leq 0,05$ ), і також ізолейцину на 9,4 % ( $p \leq 0,05$ ). Проте вміст метіоніну і тирозину був нижче відповідно на 66,7 % та 45,1 % ( $p \leq 0,01$ ).

Таблиця 3.4.3

**Динаміка вмісту амінокислот (мг/100 г) у м'ясі грудки гусей контрольної (К) та дослідної (Д) груп при зберіганні ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

Амінок-та	Термін зберігання, доба			
	1		90	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
Лізін	1,40±0,05	1,46±0,04	1,61±0,05	1,57±0,07
Гістидин	0,41±0,02	0,40±0,02	0,27±0,01	0,27±0,01
Аргінін	0,90±0,03	1,15±0,04**	0,99±0,04	1,10±0,04*
О-пролін	0,62±0,02	1,10±0,03**	0,69±0,03	0,67±0,02
Асп. Кисл.	1,18±0,04	1,17±0,04	0,92±0,02	1,06±0,04**
Треонін	0,65±0,03	0,57±0,02*	0,25±0,01	0,23±0,01
Серін	0,58±0,02	0,52±0,02	0,40±0,01	0,34±0,01*
Глут. Кисл.	2,66±0,08	2,60±0,09	2,25±0,10	2,57±0,10*
Пролін	0,55±0,02	0,52±0,02	0,79±0,02	0,72±0,03
Гліцин	0,70±0,03	0,74±0,02	0,93±0,04	0,82±0,02*
Аланін	0,90±0,03	0,95±0,04	1,36±0,06	1,21±0,03*
Цістин	0,29±0,01	0,25±0,01*	0,17±0,01	0,16±0,00
Валін	0,60±0,02	0,62±0,02	0,68±0,02	0,64±0,02
Метіонін	0,24±0,01	0,08±0,01**	0,12±0,01	0,08±0,01**
Изолейцин	0,71±0,03	0,78±0,02*	0,70±0,03	0,67±0,02
Лейцин	1,25±0,03	1,42±0,04*	1,50±0,04	1,90±0,06**
Тірозин	0,41±0,01	0,22±0,01**	0,30±0,01	0,32±0,01
Фенілаланін	0,64±0,02	0,66±0,03	0,34±0,01	0,52±0,02**

Після 90 діб зберігання в обох зразках м'яса відбулись значні зміни амінокислотного складу. В м'ясі дослідної групи було зафіксовано більший вміст кількох незамінних амінокислот, а саме лейцину і фенілаланіну на 25,5 % ( $p \leq 0,01$ ) і 51,3 % ( $p \leq 0,01$ ) відповідно. Також вміст аргініну був більше на 11% ( $p \leq 0,01$ ) порівняно з контрольною групою. Водночас вміст метіоніну залишався нижчим в м'ясі грудки дослідній групи на 33,4% ( $p \leq 0,01$ ).

Зміни амінокислотного складу, ймовірно, зумовлені різницею у раціоні гусей, оскільки вже відомо, що введення люцерни до корму сприяє підвищенню білкової цінності, зниженню вмісту жиру та холестерину, а також покращенню антиоксидантного потенціалу м'яса курей [36]. Крім того, овес характеризується

значним вмістом незамінних амінокислот, що може додатково сприяти зростанню їх вмісту у м'ясі гусей [37].

#### Висновки за темою 3.4

Включення до раціону гусей вегетативних частин вівса (*Avena sativa*) та люцерни (*Medicago sativa*) у рівних пропорціях зумовлює багатофакторний позитивний вплив на якість м'яса, що зберігається в умовах тривалого низькотемпературного заморожування. Така кормова стратегія сприяє збереженню функціонально-технологічних властивостей м'язової тканини та оптимізації її хімічного складу.

Фізико-хімічні характеристики м'яса дослідної групи виявили підвищену стійкість до змін, спричинених процесами заморожування та розморожування. Впродовж 90 діб зберігання у м'ясі дослідної групи встановлено вищу вологозв'язувальну здатність і менші втрати маси при розморожуванні. Це є свідченням кращої структурної стабільності тканин і збереження їх водоутримувальної здатності.

На ранніх етапах зберігання у м'ясі гусей дослідної групи було встановлено вищий вміст білка, що можна пояснити підвищеною біологічною доступністю амінокислот і білків, наявних у вівсі та люцерні, які сприяють формуванню білкових структур у м'язах.

Аналіз процесів пероксидного окиснення ліпідів показав антиоксидантний ефект кормової модифікації. У м'ясі гусей дослідної групи відзначено статистично достовірне пригнічення інтенсивності окисних процесів, особливо на 45-ту добу зберігання (менший вміст продуктів ПОЛ на 27,8 %,  $p \leq 0,01$ ), що, ймовірно, зумовлено надходженням до тканин біологічно активних речовин, зокрема токоферолів, авенантрамідів, поліфенолів та каротиноїдів.

Введення вівса та люцерни до раціону спричинило зміну жирнокислотного профілю м'яса. Встановлено підвищення рівня  $\omega$ -3 ПНЖК (ліноленової та докозагексаєнової), а також зниження вмісту  $\omega$ -6 ПНЖК (особливо арахідонової кислоти). Це сприяє оптимізації співвідношення  $\omega$ 6/ $\omega$ 3 й запобігає метаболічним порушенням у людини.

Вміст вітаміну Е та  $\beta$ -каротину у м'ясі дослідної групи був достовірно вищим як на початку експерименту, так і наприкінці терміну зберігання, що свідчить про ефективне накопичення та збереження антиоксидантних сполук у тканинах, підвищуючи стійкість м'яса до окисного псування.

Амінокислотний склад м'яса гусей дослідної групи відзначався підвищеним вмістом ряду незамінних амінокислот, зокрема аргініну, лейцину, фенілаланіну, що зумовлює підвищення біологічної цінності м'яса та покращення його функціонального потенціалу як харчового продукту.

Таким чином, застосування вівса та люцерни в раціоні гусей є доцільним біотехнологічним рішенням, яке дозволяє подовжити стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги і уповільнити інтенсивність перебігу окисних процесів під час зберігання м'ясної продукції, підвищити збереження основних нутрієнтів (білків, вітамінів, ПНЖК), забезпечити формування м'яса з високими сенсорними та дієтичними властивостями, розширити використання природних

фітокомпонентів як альтернативи синтетичним антиоксидантам у технології виробництва та зберігання м'яса водоплавної птиці.

#### Література за темою 3.4

1. Ahmad R. S., Imran A., Hussain M. B. (2018) Nutritional composition of meat. *Meat Science and Nutrition*. P. 61–77. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/61245>
2. OECD-FAO agricultural outlook, 2020-2029. (2020) OECD Publishing. URL: <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>.
3. Hafez H. M. et al. (2021) Influence of COVID-19 on the poultry production and environment / *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 28, no. 33. P. 44833–44844. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15052-5>
4. Hafez H. M., Attia Y. A. (2020) Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*. Vol. 7. URL: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00516>
5. Bezpeka i bezpechnist` xarchuvannya pid chas i pislya vijny`. (2020) Ukrayins`ka nacional`na platforma Forumu gromadyans`kogo suspil`stva Sxidnogo partnerstva, Ky`yiv. URL: <http://surl.li/kblze>.
6. Trusova N. V. et al. (2017) Restrictions of financing the budget deficit of ukraine *International journal of economic research*. Vol. 14, no. 14. P. 353–364. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/3351>.
7. J. Yu et al. (2020) The body fat distribution and fatty acid composition of muscles and adipose tissues in geese. *Poultry Science*. Vol. 99, no. 9. P. 4634–4641. URL: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.052>
8. Domínguez R. et al. (2019) A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. Vol. 8, no. 10. P. 429. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
9. Orkusz A., Wolańska W., Krajinska U. (2021) The assessment of changes in the fatty acid profile and dietary indicators depending on the storage conditions of goose meat. *Molecules*. Vol. 26, no. 17. P. 5122. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26175122>.
10. Muzolf-Panek M. et al. (2020) A chemometric approach to oxidative stability and physicochemical quality of raw ground chicken meat affected by black seed and other spice extracts. *Antioxidants*. Vol. 9, no. 9. P. 903. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox9090903>
11. Priss O. et al. (2023) Leveraging horseradish's bioactive substances for sustainable agricultural development. *International journal of sustainable development and planning*. Vol. 18, no. 8. P. 2563–2570. URL: <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180828>
12. Kim I.-S. et al. (2021) Multiple antioxidative and bioactive molecules of oats (*avena sativa* L.) in human health. *Antioxidants*. Vol. 10, no. 9. P. 1454. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox10091454>
13. Pretorius C. J., Dubery I. A. (2023) Avenanthramides, distinctive hydroxycinnamoyl conjugates of oat, *avena sativa* L.: an update on the biosynthesis, chemistry, and bioactivities. *Plants*. Vol. 12, no. 6. P. 1388. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12061388>

14. Ma J. et al. (2022) “King of the forage”—Alfalfa supplementation improves growth, reproductive performance, health condition and meat quality of pigs. *Frontiers in Veterinary Science*. Vol. 9. URL: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1025942>
15. Blume L., Hoischen-Taubner S., Sundrum A. (2021) Alfalfa – a regional protein source for all farm animals. *Landbauforschung – Journal of Sustainable and Organic Agriculture*. Vol. 71, no. 1. P. 1–13. URL: <https://doi.org/10.3220/LBF1615894157000>
16. Anty`pova L.V., Glotova Y` A., Rogov Y`.A. (2001) *Metody y`ssledovany`ya myasa y` myasnykh produktov*. – M.: Kolos, – 576 c.
17. Czvyax O. O. (2022) *Metody` laboratornoyi diagnosty`ky` : metody`chni rekomendaciyi /– My`kolayiv : vy`davec` Rumyanceva G. V., – 40 c.*
18. Ionov I.A., Shapovalov S.O., Rudenko E.V., Dolgaja M.N., Ahtyrskij A.V., Zozulja Ju.A., Komisova T.E., Kostjuk I.A. (2011) *Kriterii i metody kontrolja metabolizma v organizme zhyvotnyh i ptic*. Har'kov: Institut zhyvotnovodstva NAAN,. 378 p.
19. Bligh E. G., Dyer W. J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiolog.*. Vol. 37, no. 1. P. 911–917.
20. Palmer F. B. S. C. (1971) The extraction of acidic phospholipids in organic solvent mixtures containing water. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Lipids and Lipid Metabolism.*. Vol. 231, no. 1. P. 134–144. URL: [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(71\)90261-x](https://doi.org/10.1016/0005-2760(71)90261-x)
21. Suraj P. F., Ionov I. A. (1990) *Biohimicheskie metody kontrolja metabolizma v organah i tkanjah ptic i ih vitaminnoj obespechennosti: metod. rek. / VASHNIL JuO, Ukr. NII ptic-va. –H.,ch. – 138 c.*
22. Bal'-Prilipko L.V., Zadorozhnyj V.I., Onishhenko L.V. (2006) *Vlijanie razlichnyh faktorov na srok i kachestvo hranenija mjasnyh produktov. Mjasnoe delo. – №6. – S. 53–55.*
23. Everitt B. S., Landau S. A (2003) *Handbook of Statistical Analyses Using SPSS*. Chapman & Hall/CRC, 368 p.
24. Hui Li et al. (2022) Effects of feeding fermented medicago sativa (plus soybean and DDGS) on growth performance, blood profiles, gut health, and carcass characteristics of lande (meat) geese/ *Frontiers in physiology*. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.902802>
25. Young-Hwa Hwang, Allah Bakhsh, Ishamri Ismail, Jung-Gyu Lee, Seon-Tea Joo (2018) Effects of intensive alfalfa feeding on meat quality and fatty acid profile of Korean native black goats / *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. Vol. 38(5): 1092–1100. URL: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e42>
26. Elisabeth Le Bihan-Duval, Martine Debut, Cécile M. Berri, Nadine Sellier, Véronique Santé-Lhoutellier, Yves Jégo, Catherine Beaumont (2008) Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics / *BMC Genetics*. Vol. 9, Article No. 53. URL: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-9-53>
27. Majboroda D.O. et al. (2020) *Ekstrakt vivsa yak texnologichny`j zasib pidvy`shhennya yakosti m'yasa gusej. Praci Tavrijs`kogo derzhavnogo agrotexnologichnogo universy`tetu*. Vol. 20, no. 1. P. 203–212. URL: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-203-212>

28. Danchenko O., Maiboroda D., Gryshchenko V., Danchenko M. (2024) Biological activity of phenolic compounds of oats depending on the technology of its use in feeding geese / Collective monograph "FOOD TECHNOLOGY PROGRESSIVE SOLUTIONS", Tallinn, Estonia. P. 188–221. URL: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch8>
29. Scollan N. D. et al. (2017) Can we improve the nutritional quality of meat? Proceedings of the Nutrition Society. Vol. 76, no. 4. P. 603–618. URL: <https://doi.org/10.1017/s0029665117001112>
30. Sun Y. et al. (2023) Mixed oats and alfalfa improved the antioxidant activity of mutton and the performance of goats by affecting intestinal microbiota. Frontiers in Microbiology. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1056315>
31. Djuricic I., Calder P. C. Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: an update for 2021 (2021) Nutrients. Vol. 13, no. 7. P. 2421. URL: <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
32. Li J. et al. (2022) Effects of alfalfa levels on carcass traits, meat quality, fatty acid composition, amino acid profile, and gut microflora composition of Heigai pigs. Frontiers in Nutrition. Vol. 9. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.975455>
33. Opanasenko M. M., Kaly`tka V. V., Danchenko O. O. (2010) Stan fermentaty`vnoyi lanky` sy`stemy` anty`oksy`dantnogo zaxy`stu m'ysa pty`ci za ny`z`kotemperaturnogo zberigannya. Texnologiya vy`robny`cztva i pererobky` produkciyi tvary`nny`cztva: zb. nauk. prac` / BNAU. T. 2, # 70. S. 85–89. URL: <https://btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/tehnologi%2070.pdf#page=85>
34. Xue Y. et al. (2021) Antioxidant activity and mechanism of avenanthramides: double h<sup>+</sup>/e<sup>-</sup> processes and role of the catechol, guaiacyl, and carboxyl groups. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 69, no. 25. P. 7178–7189. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01591>
35. Provesi J. G., Dias C. O., Amante E. R. (2011) Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. Food Chemistry. Vol. 128, no. 1. P. 195–202. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.027>
36. Kwiecień M. et al. (2020) Effects of dietary alfalfa protein concentrate on lipid metabolism and antioxidative status serum, and composition and fatty acids profile, antioxidative status and dietetic value of the muscles in broiler. Poultry Science. URL: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.071>
37. Batal A., Dale N. (2019) Feedstuffs ingredient analysis table. Athens, Georgia, USA: University of Georgia. URL: <http://surl.li/kbqbz>

### Список публікацій за розділом 3.4

*Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Maiboroda D., Danchenko O., Gryshchenko V. Optimization of Goose Meat Quality through Oat and Alfalfa-Based Feed Additives. Innovative approaches in food processing and sustainability: Collective monograph Edited by Olesia Priss. Tallinn, 2025. P.146-161. <https://monograph.route.ee/rout/catalog/book/978-9908-9706-2-2>.

2. Prudyus T., Vishchur O., Danchenko M. Essential oils in pig diet as a means of improving pork quality. Innovative approaches in food processing and sustainability: Collective monograph Edited by Olesia Priss. Tallinn, 2025. P.146-161. <https://monograph.route.ee/rout/catalog/book/978-9908-9706-2-2>.

3. Maiboroda, D., Danchenko, O., Gryshchenko, V., & Danchenko, M. (2024). Enhancing the quality and technological properties of goose meat during low-temperature storage through the action of biologically active substances from oats and alfalfa. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(11 (127)), 20–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296900>

4. Danchenko O., Maiboroda D., Gryshchenko V., & Danchenko M. (2024). Biological activity of phenolic compounds of oats depending on the technology of its use in feeding geese. Collective monograph "FOOD TECHNOLOGY PROGRESSIVE SOLUTIONS", Tallinn, Estonia, P. 188–221. DOI: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch8> URL: <https://monograph.route.ee/rout/catalog/book/978-9916-9850-4-5.ch8>

***Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз***

5. Gryshchenko, V., Pototskyi, A., Veselskyi, S., Danchenko, O., & Illek, J. (2025). Milk phospholipids in correction of liver lipid profile in rats with tetracycline-induced fatty hepatitis. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 16(3), 45-62. (Scopus). doi: 10.31548/veterinary3.2025.45.

6. Данченко О.О., Данченко М.М., Майборода Д.О. Особливості впливу вітса на вміст есенціальних жирних кислот у м'язових тканинах гусей. – Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 28-30 травня 2025 р.) – Запоріжжя: ТДАТУ, 2025.- С.114-120.

7. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Данченко О.О., Тимошок Н.О. Застосування біотехнологій у підвищенні безпечності продукції тваринництва: виклики та можливості для аграрного сектору України. – Євроінтеграційний вектор розвитку агроєкосистем в Україні: глобальні виклики та перспективи: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 5 червня 2025 р.) – Харків: державний біотехнологічний університет, 2025.- С. 262-266.

8. The effectiveness of the use of sowing oats depending on the technology of its use in geese farming / Danchenko O.O., Danchenko M.M., Maiboroda D.O. // Фізіолого-біохімічні та технологічні аспекти тваринництва: III міжнародна науково-практична конференція, присвячена 95-річчю від дня народження д. б. н., проф., академіка Української Академії Наук та Нью-Йоркської Академії Наук Олексія Івановича Кононського, 28–29 лютого 2024 р.

### **Тема 3.5 Обґрунтування та розробка нових та вдосконалення існуючих технологій виготовлення плодово-ягідних і виноградних алкогольних напоїв**

**Керівник:** Загорко Н. П.

**Виконавці:** Прісс О.П.

**Реферат.** У межах теми 3.5 надана характеристика сировини для виробництва вермутів, виконано аналіз літературних джерел за вказаною темою та розроблені композиції рослинних ароматичних інгредієнтів, описано результати органолептичної оцінки дослідних варіантів, встановлено режими екстракції сировини при зменшеному вмісті спирту в екстрагент, розглянуто та описано загальна технологія виробництва вермутів.

Вино відноситься до категорії ферментованих продуктів і є одним з найстаріших алкогольних напоїв, виготовлених шляхом бродіння винограду. Цей процес, який виник ще в античні часи, залишається основою виробництва вина, зокрема шляхом використання різних сортів винограду та штамів дріжджів. Вино виготовляють шляхом ферментації виноградного соку, що потім витримується в дубових бочках для покращення смакових характеристик. Ферментація є ефективним методом консервації з низьким енергоспоживанням, що подовжує термін зберігання продуктів і зменшує потребу в інших методах консервування, таких як заморожування. В процесі ферментації, коли виноградний сік бродить під впливом дріжджів, відбувається виробництво етанолу та виділення біологічно активних сполук. Це сприяє підвищеній біодоступності поліфенолів та інших корисних компонентів, які позитивно впливають на організм, зокрема на травлення та всмоктування поживних речовин. У різних кліматичних умовах активізуються різні види дріжджів, які мають свої особливості у процесі ферментації і вплив на кінцевий результат. Вино, на відміну від інших алкогольних напоїв, має значний позитивний вплив на здоров'я при вживанні в помірних кількостях, сприяючи розслабленню і поліпшенню загального самопочуття

#### **Мета дослідження**

*Метою* дослідження є удосконалення технології виробництва вермутів шляхом розробки оригінальної пряно-ароматичної композиції та удосконалення процесу екстрагування екстрактивних речовин.

*Об'єкт* дослідження – технологія виробництва вермутів з використанням композицій рослинних ароматичних інгредієнтів.

*Предмет* дослідження –пряно-ароматична сировина та вермут з використанням композицій рослинних ароматичних інгредієнтів.

#### **Матеріали та методи дослідження**

Використовувались методи математичної обробки даних, загальнонаукові методи для аналізу та узагальнення існуючих технологій виробництва вермутів,

лабораторні методи досліджень для аналізу фізико-хімічних показників готового зразку.



**Рис. 3.5.1. Програма досліджень**

Сорт Дністровський рожевий відзначається врожайністю на рівні 80–110 ц/га, причому близько 65% пагонів є плодоносними. Середня кількість грон на плодоносному пагоні становить 1,29, а на розвиненому – 0,75. Сорт має розкішні

великі грона та соковиті, приємні на смак ягоди. Склад грона та якісні характеристики: сік: 85,3%, вичавки: 11,89%, гребні: 2,81%. Сорт характеризується високим рівнем товарності – 72–75% грон придатні до реалізації. Ягоди накопичують цукор у кількості 17–21 г/100 мл при кислотності 7–9 г/л. Сорт використовується для виготовлення соків, білих і рожевих столових вин. Він придатний для транспортування та тривалого зберігання. Після 100 днів зберігання втрати становлять 56–88%. Смакові якості сорту оцінено на 7,3–7,6 балів за дегустаційною шкалою.

У якості інгредієнтів пряно-ароматичної композиції розглядали:

- полин гіркий;
- чебрець плазкий;
- бузина чорна квітки;
- бузина чорна ягоди;
- звіробій звичайний;
- м'ята перцева;
- котяча м'ята (котовник);
- трифоль;
- деревій.

Всі трави та плоди бузини були придбані в аптеках, а траву котячої м'яти (котовника) заготовлювали самостійно. Всі трави за виключенням трифолію були виготовлені компанією «Ліктрави». Виробник трифолію сушеного - компанія «Седнівські трави».

В Україні росте принаймні чотири види *котячої м'яти* (*Nepeta L.*): *N. cataria L.*, *N. ucranica L.* (*N. ucranica subsp. ucranica* та *N. parviflora M. Bieb.*), *N. grandiflora M. Bieb.* і *Nepeta nuda L.* (*N. nuda subsp. nuda*) (POWO, 2024). Всі рослини роду *Nepeta* характеризуються приємним ароматом, часто нагадує м'яту і лимон, і цінуються як ефіроолійні культури. Котяча м'ята широко використовується в харчовій промисловості як натуральний ароматизатор і добавка, що надає освіжаючий аромат і смак різноманітним харчовим продуктам.

Відбір і підготовку проб для аналізів робили згідно з ДСТУ 6040:2008 Продукція виноробна. Правила приймання та методи відбирання проб. Органолептичну оцінку вермуту здійснювали згідно з ДСТУ 6035:2008 Вермути. Технічні умови. Органолептичну оцінку ароматизованого вина проводили у кімнаті при температурі 16-18 °С (температура вермуту 10-16 °С). Вермут наливали у суху склянку з прозорого скла приблизно на 1/3 його об'єму. За органолептичними показниками вермути повинні відповідати вимогам, зазначеним у табл. 3.5.1.

Для детального органолептичного аналізу вермутів користувались загальноприйнятими стандартами дегустаційних оцінок. Ці оцінки враховують:

1. Аромат — складність і насиченість запахів.
2. Смак — баланс, гармонія інгредієнтів, тривалість післясмаку.
3. Зовнішній вигляд — колір і прозорість.
4. Загальне враження — унікальність і якість виконання.

Таблиця 3.5.1

**Органолептичні показники рожевих вермутів відповідно до ДСТУ 6035:2008**

Назва показника	Характеристика
Прозорість	Прозорі, без осаду і сторонніх включень
Колір:	
Рожевий	Світло-янтарний чи рожевий різної інтенсивності
Смак і аромат	Складний, гармонійний, притаманний рослинній сировині, яка використовується для певних марок, з легкою гіркуватістю
Примітка. Для вермутів, закупорених корковими пробками, допускаються одиничні пилоподібні включення коркової крихти.	

При проведенні аналізу використовували 10 бальну шкалу.

- 9,6–10 балів: Винятковий напій, видатний у своєму стилі, зі складним смаком і ідеальним балансом.
- 9,0–9,5 балів: Високоякісний напій з чітко вираженими характеристиками, багатогранним смаком.
- 8,5–8,9 балів: Дуже гарний напій, що демонструє характерні якості, хоча й без особливих новаторських рис.
- 8,0–8,4 бали: Приємний напій середньої якості, без яскравих недоліків, але і без винятковості.
- 7,0–7,9 балів: Посередній напій із помітними недоліками у смаку або структурі.

Всі дегустації здійснювали шляхом сліпого (закритого) дегустування.

Визначення показників хімічного складу проводили за наступними методиками:

- об'ємна частка етилового спирту у відсотках – ДСТУ 4112.3;  
 масова концентрація цукрів у перерахунку на інвертний у г/дм<sup>3</sup> - ДСТУ 4112.5;

- масова концентрація титрованих кислот, у перерахунку на винну кислоту, г/дм<sup>3</sup> - ДСТУ 4112.13;

- сухі розчинні речовини визначали рефрактометром марки АТС.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали використовуючи стандартні надбудови у Microsoft Excel.

**Результати дослідження та їх обговорення**

Вермути, згідно з ДСТУ 6035:2008 – ароматизовані алкогольні напої, які виробляють на основі виноградних виноматеріалів із додаванням натуральних ароматичних екстрактів чи ароматних спиртів із рослинної сировини та, у разі потреби, спирту етилового ректифікованого, цукру чи цукровмісних матеріалів і колеру. Основні інгредієнти, з яких виготовляють вермут, – це виноматеріали та

полин, а також прянощі та трав'яні збори. З органічних кислот у виноматеріалах переважають винна, яблучна, лимонна, янтарна, молочна та оцтова (табл. 3.5.2.).

Таблиця 3.5.2

### Органічні кислоти у виноматеріалах [9]

Органічні кислоти, г/дм <sup>3</sup>	Виноматеріали
Винна	2,0-7,0
Яблучна	2,0-10,0
Молочна	До 0,2
Бурштинова	0,1-0,5
Оцтова	До 0,08
Лимонна	0,2-0,5

Кислотність визначається за вмістом кислоти, що титрується, в грамах на дм<sup>3</sup> і може коливатися від 2,5 до 9 г/ дм<sup>3</sup>. Органічні кислоти вина і виноматеріалу сприяють травленню та поліпшують дію пепсину.

Дубильні речовини представлені від слідів у білих виноматеріалах, до 4 г/л у червоних. Вони дуже активні в біологічному відношенні, мають властивості вітаміну Р і мають властивість зміцнювати кровоносні судини. Забарвлені сполуки, що надходять із винограду до виноматеріалів, забезпечують винам природну палітру кольорів — від світло-зелених відтінків до насичено рубінових чи гранатових тонів. Вітаміни, які містяться у вині, виконують функцію біокатализаторів. Серед водорозчинних вітамінів у складі вина найбільш поширеними є вітамін С (до 15 мг/л), комплекс вітамінів групи В, а також нікотинова кислота. Вітаміни є біокатализаторами. З водорозчинних вітамінів у вині є вітамін С (до 15 мг/л), широко представлена група вітамінів В, а також нікотинова кислота (табл. 3.5.3).

Таблиця 3.5.3

### Вміст вітамінів у виноградних виноматеріалах [9]

Вітаміни	Сусло	Виноматеріал столове	
		біле	червоне
В <sub>1</sub> (тіамін), мк/л	240-550	0-50	1-100
В <sub>2</sub> (рибофлавін), мкг/л	200-1 000	100-1 500	300- 4 000
В <sub>3</sub> (пантотенова кислота), мк/л	140-495	180-340	300-400
В <sub>5</sub> (нікотинамід), мг/л	6-18	5-9	12-18
В <sub>6</sub> (піридоксин), мкг/л	90-500	100-360	190-360
В <sub>8</sub> (мезоінозит), мг/л	250-330	230-300	250-300
В <sub>9</sub> (фолієва кислота), мкг/л	1-2	До 5	До 5
Н (біотин), мкг/л	5-9	До 4	До 6

Ароматичні речовини, або ефірні олії винограду. Як вже було сказано вище, у виноматеріалах розрізняють аромат, який вносить сорт винограду, і букет-комплекс пахучих речовин (вищі спирти, складні ефіри, альдегіди, ванілін), що утворюються в процесі витримки та обробки виноматеріалів. Узагальнений хімічний склад вин наведено в табл. 3.5.4.

Таблиця 3.5.4

## Загальна таблиця хімічного складу суслу та вин, г/л [9]

Речовина	Сусло	Столове вино		Ароматизоване вино
		біле	червоне	
Ароматичні речовини	0,15	1,0	1,2	0,6
Екстрактивні речовини	200	20,0	24,0	180
У тому числі:				
Вуглеводи (до 20 найменувань)	189	2,5	4,5	167
Цукри	185	1,5	2,5	160
Полісахариди	3,0	1,0	2,0	1,5
Органічні кислоти	7,5	7,0	6,0	7,0
Фенольні речовини	0,9	0,3	1,5	1,2
Азотисті речовини	0,5	0,2	0,3	0,4
Мінеральні речовини	4,0	1,5	2,5	3,5
Гліцерол на інші багатоатомні спирти	Нема	8,0	9,5	3,5
Етиловий спирт (% об.)	Сліди	11,0	12,0	16,0

Мінеральні речовини суслу, виноградних виноматеріалів та ароматичних вин представлені натрієм, калієм, кальцієм, магнієм, міддю, залізом, марганцем, цинком (табл.3.5.4). Загальний вміст їх коливається у межах 1,5–3,5 г/л, що приблизно на 50% менше, ніж у винограді. Із катіонів у вині переважає  $K^+$  (0,4–1,8 г/л),  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  і  $Mg^{2+}$  (до 0,2 г/л кожен); із аніонів —  $SO_4^{2-}$  (до 1,0 г/л) та  $PO_4^{2-}$  (до 0,9 г/л); трапляється також  $Cl^-$  (до 0,2 г/л) [9].

Фенольні речовини, що містяться у натуральних виноградних виноматеріалах дозволяють коригувати антиоксидантний стан клітин організму людини.

У виноматеріалах містяться природні антиоксиданти, що володіють антиканцерогенними, антисклеротичними, протизапальними, антиалергічними властивостями, що забезпечують профілактику багатьох захворювань [11].

Завдяки такому хімічному складу, виноградні виноматеріали, зокрема вміст поліфенолів, вітамінів, органічних кислот та мікроелементів, забезпечує низку корисних ефектів для здоров'я. Помірне споживання таких продуктів сприяє зміцненню серцево-судинної системи, підтримці нормального травлення, покращенню метаболічних процесів і підвищенню імунітету. Крім того, антиоксидантні властивості біологічно активних сполук, таких як поліфеноли, допомагають захищати організм від оксидативного стресу, зменшуючи ризик розвитку запалень та хронічних захворювань. Вино є природним джерелом корисних речовин, які, завдяки своїй біодоступності, можуть сприяти загальному зміцненню здоров'я та підтримці життєдіяльності організму.

Таблиця 3.5.5

## Вміст мінеральних речовин у різних вермутах [10]

Тип напою	Мінеральні речовини (мг/л)							
	Na	K	NCa	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Вермут								
Виноградний вермут Quina	111.64	735.64	89.25	62.18	0.53	6.95	0.58	-
Aperitivo vini	45.56	297.62	57.06	53.03	0.46	5.13	0.47	-
Vermut blanco	58.70	225.00	59.50	37.17	0.48	4.31	0.38	-
Vermut rojo	73.65	524.72	54.96	57.57	0.42	7.13	0.34	-
Сливовий вермут	41.00	973.00	101.00	17.0	1.07	1.30	1.07	0.82
Вермут з пісочної груші	45.0	967.00	43.00	15.0	1.23	7.11	1.23	2.39

В Україні розроблено технології вермутів, до складу яких входили рослини, що притаманні нашій флорі [21] Червоний сухий виноградний вермут «Магнис» готується з використанням композиції із шести пряно-ароматичних рослин: полин *Artemisia scoparie*, котячої м'ята *N. cataria var. citriodora*, безсмертник *Helichrysum italicum* R. Guss, ельсгольція Стаунтона *Elsholtzia stauntonii*, деревій *Achillea colina* L, пижмо *Tanacetum vulgare* L. Описується, що смак розробленого вермуту приємний, букет добре виражений, яскравий з легкими бальзамічними і смолистими тонами. Інший виноградний міцний вермут «Букет Криму» готується на основі 14 різних трав, до складу яких також входить котяча м'ята *N. cataria var. citriodora*. Вермут має легку гіркуватість, гвоздично-коричні, полинові тони з цитрусовим відтінком. Виноградний ароматизований міцний напій «Тавр» містить 25 % об. спирту і готується на базі композиції з 11 пряно-ароматичних рослин, меду бджолиного, прополісу. До складу пряно-ароматичної композиції також входить котяча м'ята *N. cataria var. citriodora*. Установлено, що з 57 ароматутворюючих сполук на формування специфічного букету ароматизованого напою «Букет Криму» впливають 19 компонентів: ефіри, терпенові спирти, феноли і головним чином тимол, карвакрол, метилізоевгенол і  $\alpha$ -туйон. [12] досліджували можливість використання *N. mussinii*, *N. transcaucasica*, *N. cataria*, *N. sibirica* у виробництві білих вермутів. Винно-спиртові настої готували способом мацерації – одноразовою обробкою рослинної сировини винно-спиртовим розчином. Подрібнені та відсортовані рослини заливали винно-спиртовим розчином міцністю 50% об. у співвідношенні 1 : 10. За результатами фізико-хімічних показників та органолептичної оцінки кращими були зразки з *N. mussinii* та композиція *N. mussinii*, *N. cataria* та *Vitex*.

В Україні росте близько 3464 видів та підвидів рослин, переважна більшість з яких має промислове значення для медицини, ефіроолійної, консервної, кондитерської та парфумерної галузей промисловості.

Пряно-ароматична сировина успішно використовується в технології ароматизованих напоїв, зокрема, вермутів. Близько 300 трав і спецій можуть бути використані у вермутах і споріднених винах як екстракти або у вигляді настою в спирті, воді або вині. Список поширених рослинних компонентів, що використовуються в ароматизованих або спеціальних винах [13]: корінь дягелю, каскарилья, кора хінного дерева (хінкін/хінін), корінь солодки, корінь ірису (*Rhizoma iridis*), солодкий прапор, полин, цитрусові (бергамотова цедра, гіркий апельсин, цедра лимона, цедра лайма, цедра апельсина, цедра помело), трави (дягель, коріандр, дитанія критська, галова троянда, імбир, квітка жимолості, ісопу, ялівець, листя кафрського лайма, лаванди, майорану, орегано, корінь ірису, римська ромашка, шавлія, звіробій), а також прянощі (запашний перець, кардамон, кора кориці, гвоздика, бадьян, боби тонка, ваніль). Рослини можуть використовуватися як єдине ціле, так і представляти інтерес для конкретних частин рослин. Тому можуть використовуватися такі категорії частин рослин [14]:

- свіжі фрукти (чорниця, ананаси, полуниця, розмарин), сухофрукти (кардамон, фенхель, ялівець), шкірка свіжих фруктів (бергамот, грейпфрут, лимони, апельсини), незрілі фрукти (горіхи);
- суцвіття, квіти, квіткові бутони (гісоп, ромашка, сульфін, троянда та ін.);
- пагони, кінчики пагонів або бруньки (евкаліпт, ялівець, лаванда, сосна тощо);
- коріння і кореневища (галанга, айр, реверт, ірис і ін.);
- солом'яна кора і гілки (каскарилья, кедр, кипарис і т.д.);
- надземної частини, як і у випадку з більшістю трав (чебрець, майоран, м'ята, полин і т.п.)

Підбором інгредієнтів досягається створення того чи іншого характеру аромату напою, більш чи менш вираженої інтенсивності його, а також більшої чи меншої інтенсивності гіркоти. Можливість використання рослинної пряно-ароматичної сировини як ароматичних інгредієнтів для вермутів визначають на основі встановлення загальної суми вмісту ефірної олії в рослині.

Особливу увагу привертає космополітична родина *Lamiaceae*, оскільки вона має велику концентрацію видів у різних зонах, таких як субтропічні, помірні та навіть холодні. *Lamiaceae* є однією з найбільш важливих родин, що містить ефірні олії. Вона налічує 7136 видів у 236 родах. Це найбільша родина в порядку *Lamiales* і включає такі роди, як *Salvia* (959 видів), *Nyctis* (292 види), *Clorodendrum* (327 видів), *Thymus* (318 видів), *Scutellaria* (461 вид), *Plectratus* (406 видів), *Stachys* (374 види) [15] ованих і диких представників родини *Lamiaceae* використовують на промисловому рівні, оскільки вони мають велике значення для фармації, парфумерії та харчової промисловості. Також рослини цієї родини є джерелом цінних біологічно активних речовин та використовуються для створення функціональних харчових продуктів і можуть бути корисними для профілактики прихованого голоду [16].

Склад ароматичної суміші для вермутів зазвичай включає дві основні групи інгредієнтів: активну домінуючу групу, яка визначає характер напою, та базову групу, що підкреслює та збалансовує органолептичні властивості. Домінуючі компоненти, такі як полин, надають вермуту характерного гірко-ароматного аромату і смаку, який є визначальною рисою цього напою. Полинові тони найбільш часто асоціюються з класичним вермутом, формуючи його унікальний профіль. Інші інгредієнти, наприклад, коріандр, ваніль, кориця чи цитрусові, відіграють роль основи, яка збільшує складність і гармонійність смакової композиції, створюючи збалансований і багатий ароматично-смаковий профіль напою.

*Artemisia* (Asteraceae) — гетерогенний рід, що включає 200-400 видів, поширених переважно в помірних зонах Азії, Європи та Північної Америки. Цей рід є багатим джерелом активних біологічних сполук, які включають терпеноїди, сесквітерпеноїди, флавоноїди та кумарини [17].

Полин гіркий – *Artemisia absinthium* L. зустрічається як бур'ян уздовж доріг, на пустках по всій території України. Рослина поширена майже повсюдно. *A. absinthium* є багаторічною рослиною з твердим, довгим, здерев'янілим і опушеним сріблясто-сірим стеблом і має теплий і пряний аромат. Стебло приблизно 60-100 см заввишки, біле за кольором і майже вкрите тонкими шовковистими волосками. Листя білі з обох боків, 3 дюйми в довжину і 1,5 ширини з тонкими і неоформленими сегментами, а стебла листя злегка крилаті по краю, а листя зменшені до трьох або навіть одного лінійного відділу на квітконосах. Цвітіння триває з початку літа до початку осені. Квіткові голівки короткі, майже округлі і звисають у прямостоячій листяній волоті, а маленькі квітки звисають зеленувато-жовтого кольору. Листя і квіти дуже гіркі, з характерним ароматом, що нагадує туйон [18]. Заготовлюються висушені листки і квітучі верхівкові частини стебел.

Трава полину містить ефірну олію (0,2—0,6 %), алкалоїди, каротин, аскорбінову кислоту (у листі до 175 мг%) і вітаміни групи В. До складу ефірної олії трави входять туйон, цинеол, борнеол, альдегіди. У коренях є слизисті, смолисті й дубильні речовини, інулін та ефірна олія, до складу якої входять дигідроматрикарієвий ефір і кетон. Монотерпеновий туйон часто описували як основний компонент полинової олії (40-90% ефірної олії) [19]. Туйон може мати токсичний (галюциногенний) вплив на організм людини. Сучасні виробники повинні дотримуватися вимог Європейського законодавства (Директива 88/388/ЕЕС) не перевищуючи максимальну межу туйону в 35 мг/кг. Вибіркове збагачення гірких і смакових сполук, при збереженні низької концентрації туйону, було широко досліджено. [20] порівнювали екстракцію водою з методом екстракції спиртом. Шляхом перколяції водою або спиртом (30% об.) не можна було витягти туйон, оскільки розчинність туйону у воді погана. Тільки шляхом застосування етанолу 90% об вдалося витягти 0,18 мг туйону на г трави полину. При застосуванні методу екстракції з етанолом 30% об можна було витягнути 0,17 мг туйону на 1 г трави полину. Найбільший вихід був отриманий при дистиляції мацерату трави полину (0,24 мг туйону/г). Тому слід уникати використання гарячого і висококонцентрованого спирту для екстракції для отримання екстрактів з низьким вмістом туйону. Оскільки перколяція чистою водою може призвести до втрати мікробіологічної якості, перколяція етанолом 30% об розглядається як

кращий метод екстракції. Цей метод описується як простий у використанні та економічний. Інші дослідники підтвердили ці результати. Полін, мацерований етанолом 20% об протягом 30 днів, містив лише 0,2 мг/л туйону, тоді як мацерація полину етанолом 95% об протягом 6 місяців містила 62 мг/л туйону [20]. Тобто екстракцію слід проводити з низькими концентраціями спирту.

Додатковими характерними компонентами полину є терпеновий лактон, гіркі речовини, такі як абсентін (0,20–0,28%) та артабсин (0,04–0,16%), 2 тоді як сесквітерпеновий лактон абсент) є органолептично домінуючою гіркотою. Абсентін, є потужним природним імуномодулятором із вираженими протизапальними та антисептичними властивостями. Дослідження водорозчинних полісахаридів із фармакопейної сировини полину гіркового на тваринах підтвердили їхню високу імунофармакологічну активність. Встановлено, що ці сполуки стимулюють імунну систему, зокрема шляхом пригнічення синтезу імуноглобулінів класів E та G1. Вони класично активують макрофаги, впливаючи як на клітинний, так і на гуморальний компоненти імунної відповіді [20].

*Sambucus nigra* L., також відома як бузина або європейська бузина, є широко поширеним видом із родини жимолостевих (Caprifoliaceae), що росте в більшості регіонів Європи, Західної Азії, Північної Африки та США. Сорти бузини використовуються як сировина для напоїв та харчові ароматизатори, а ягоди застосовуються як дієтичні добавки в багатьох країнах світу. в Європі практично кожна частина рослини бузини має кулінарне застосування [18]. Плоди або сік використовуються для виготовлення джемів і желе, а також для виробництва вина. Ягоди бузини додають у пироги, пунші та лікери; квіти часто використовують у тісті для мафінів, млинців або вафель. Однак, в Україні довгий час традиційна фітофармація вважала, що ягоди є токсичними. Сьогодні, добре відомо, що токсичні сполуки у невеликих кількостях містяться лише в насінні з ягід. Тож при переробці, їх не подрібнюють і не ростирають. Квіти та суцвіття також слугують ароматизаторами для вин, а з них роблять чай чи безалкогольні напої. Мариновані бутони квітів іноді використовують як замітник каперсів.

На відміну від ягід і квітів, листя та стебла бузини є токсичними й не повинні вживатися людиною. Однак молоді пагони, після термічної обробки, мають смак, схожий на спаржу. Старші зелені частини також є отруйними [15].

Ягоди та квіти бузини широко застосовуються в народній медицині. Вживання соку бузини може сприяти профілактиці низки дегенеративних захворювань, таких як рак, запальні та серцево-судинні хвороби, а також діабет [15].

Квітки бузини додають у вермути для створення особливого аромату та смакового профілю. Квітки бузини додають ніжний солодкуватий аромат із легкими медовими та цитрусовими нотами, що робить напій більш свіжим і витонченим. Її делікатна солодкість може пом'якшити гіркоту, характерну для вермутів, створюючи гармонійний смаковий баланс. Крім квітів, іноді використовують ягоди бузини, які надають напою темнішого відтінку й насиченого ягідного смаку, але це більш характерно для лікерів, ніж для вермутів. Бузина є трендовим інгредієнтом у сучасних напоях, і її застосування у вермутах

сприяє створенню оригінальних смакових композицій, які подобаються широкій аудиторії.

Чебрець плазкий – *Thymus serpyllum* L., чебрець боровий. Низенький (до 15 см заввишки), з приємним запахом півкущик родини губоцвітих. Головне стебло тоненьке, повзуче, вкорінене, закінчується лежачим неплідним пагоном; квітконосні гілочки круглясті або невиразнотригранні, прямостоячі чи від основи підведені, більш-менш рівномірно навкруг опушені, під суцвіттям відлегловолосисті. Рослина належить до сімейства губоцвітих, поширена у Європі та за її межами. Напівчагарник з гіллястим червоно-бурым стеблом і прямостоячими квітконосними гілочками. Листя супротивне, довгасте з точковими залозками. Квітки двогубі, рожево-лілові, в пазушних напівмутівках, зібрані в суцвіття головчасте. Чебрець містить ефірну олію (від 0,2 до 1,5 %), флавоноїди, дубильні і гіркі речовини, камедь, тритерпенові кислоти (урсолова і олеанолова), мінеральні солі і інші сполуки. До складу ефірної олії входять тимол, карвакрол, цимол,  $\alpha$ - і  $\beta$ -пінен, 7-терпінен,  $\alpha$ -терпинеол, борнеол, цингеберен і інші терпеноїди. Галенові препарати чебрецю плазкого виявляють відхаркувальну антибактеріальну, спазмолітичну і знеболюючу дію, заспокійливо діють на центральну нервову систему, збуджують виділення шлункового соку [8].

Бобівник трилистий, водяний трифоль, *Menyanthes trifoliata*. Болотна рослина з родини бобівникових. Для використання беруть висушені листки цієї трав'янистої рослини, що має довге повзуче кореневище діаметром до 1,5 см. Листя чергове, довгочерешкове, розташоване біля основи довгого, безлистого квітконосного стебла висотою 15–30 см. Квітки правильні, зрослопелюсткові, блідо-рожевого або білого кольору, зібрані у китицю на верхівці стебла. Плід — коробочка. Цвіте у травні-червні. Хімічний склад листя: гіркі глікозиди (логанін, сверозид, фоліаментин); флавоноїди; дубильні речовини (до 3%); сліди алкалоїдів; йод. У науковій медицині використовується для покращення апетиту та травлення; стимулює перистальтику шлунку та кишечника; посилює виділення жовчі; проявляє протизапальну та послаблюючу дію. Препарат входить до складу складної гіркої настойки; апетитного, жовчогінного та заспокійливого чаїв. У народній медицині застосовується для усунення метеоризму; при гарячці, ревматизмі, туберкульозі; як протиглисний засіб; як підтримка після виснажливих хвороб [8].

Звіробій звичайний – *Hypericum perforatum* L. Багаторічна трав'яниста рослина родини звіробійних (Hypericaceae). Заготовлюються квітучі верхівки стебел з листками. Листки супротивні, сидячі з численними точковими залозками, що просвічуються на сонці, квітки світло-жовтогарячі. Запах бальзамічний, смак гіркий. Трава звіробою звичайного містить дубильні речовини (10–12%); флавоноїди: гіперозид, рутин, кверцитрин, мірицетин, лейкоантоціани; сапоніни; барвники: гіперіцин (0,1–0,4%), псевдогіперіцин, гіперин, франгулаемодинантранол; ефірну олію (0,2–0,3%); смолисті речовини (до 17%); каротин та аскорбінову кислоту. Звіробій звичайний широко застосовується у медицині, особливо при захворюваннях травного тракту. Знімає спазми кишечника та жовчних шляхів. Нормалізує секрецію шлункових залоз. Має протизапальну, в'язучу та бактеріостатичну дію. Ефективний при дискінезії

жовчних шляхів, гепатитах, холециститах, початкових стадіях жовчнокам'яної хвороби, гастритах, метеоризмі, колітах, діареї (включаючи криваву). Допомогає при геморої. Використовується як сечогінний засіб при нирковокам'яній хворобі (на початкових стадіях) і при зниженні функції ниркової фільтрації. Настойка звіробою ефективна при гельмінтозах, зокрема гіменолепідозі та ентеробіозі. Особливістю звіробою є його здатність поліпшувати функціональний стан кровоносної системи, особливо капілярів, та зміцнювати судини, що забезпечує широкий терапевтичний спектр його застосування (Гродзінський, 1992). Настій має жовтувато-червоний колір, гірко-пекучий смак, що злегка в'яже, специфічний аромат, який віддалено нагадує мед.

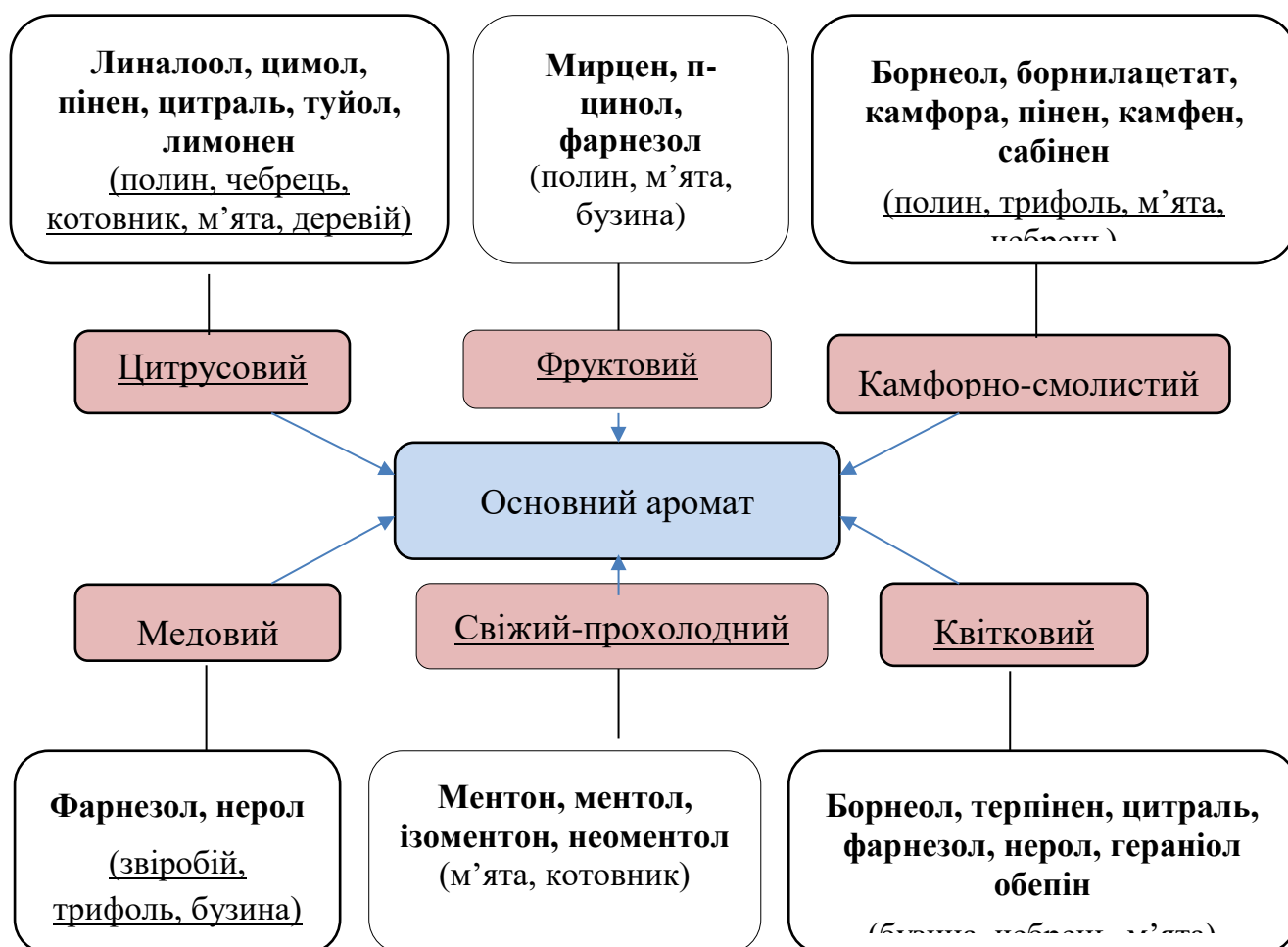
Вміле використання особливостей рослинної сировини дозволяє виробникам отримувати неоднакові за смаком та ароматом композиції. Так, характерну гіркоту надають вермуту не тільки такі інгредієнти як полин і кора хінного дерева, а й дубовник, пижма, шандра. Цвіт бузини з додаванням плодів коріандру та лимонної кірки може розвинути у ньому сильний мускатний тон. Безсмертник, розмарин, ялівцева ягода, звіробій нададуть вину смолисті відтінки. Меліса, чабрець, лимонний полин наповнять букет пахощами цитрусових. Для того щоб зрівноважити композицію, в невеликих кількостях додають ромашку, корінь ірису, гвоздику.

Для оцінки та відбору пряно-ароматичних рослин з метою виробництва ароматизованих напоїв досліджували потенціал пряно-ароматичних та лікарських рослин які традиційно використовуються у ароматизації напоїв, або мають потрібні властивості. Враховували доступність сировини та її поширеність в Україні. Зі всіх можливих варіантів, спираючись на бажаний ароматичний профіль, вибрано полин гіркий, чебрець плазкий, бузина чорна квітки, бузина чорна ягоди, звіробій звичайний, м'ята перцева, котяча м'ята (котовник), трифоль, деревій та прокласифіковано дану сировину відповідно до основного запаху (рис.3.5.2).

Попередньо обрали 9 рослин, які на нашу думку мали б надати необхідні характеристики вермуту. Акцентували увагу на наявності гіркоти, для створення оригінального смакового профілю з виразною полинною гіркотою. Оцінка і вибір пряно-ароматичних рослин здійснювалися органолептичним методом (за ароматом і смаком настоїв) приготованих з 9 видів пряно-ароматичної сировини. Результати оцінки представлені в табл 3.5.6.

Після органолептичного аналізу екстрактів пряно-ароматичних рослин, для створення композиції заданого ароматичного профілю відібрано полин гіркий, чебрець плазкий, бузина чорна квітки, бузина чорна ягоди, котяча м'ята та деревій. У композицію вирішено не вводити екстракти з м'яти перцевої, через домінування м'ятного тону, котрий здатен нівелювати квіткові та фруктові тони. Звіробій звичайний виключили через густий бальзамічний аромат з дуже легким відтінком меду та смолисто-в'язучий смак, котрий може легко домінувати в композиції, що ми вважали небажаним. Екстракти трифолію не мали вираженого медового аромату, який ми очікували отримати зважаючи на наявність фарнезену у складі ефірної олії, проте характеризувались трав'янистим сінним ароматом та

вираженою гіркотою у смаку, що супроводжувалась трав'янистим післясмаком і балансування композиції могло бути досить ускладненим.



**Рис 3.5.2. Основні аромати пряно-ароматичних рослин для створення композиції**

Таблиця 3.5.6

### Органолептична оцінка пряно-ароматичної сировини

Назва рослини	Основні компоненти ефірних олій у рослині	Органолептична характеристика екстракту рослини
Полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> L.)	Туйон ( $\alpha$ - і $\beta$ -туйон), туйоловий спирт, хамазулен, камфора, пінен, $\beta$ -каріофілен, мирцен, цинеол, борнеол	Аромат різкий, гірко-пряний, з відтінками трав'яного і камфорного запаху; смак дуже гіркий, різкий, стійкий.
Чебрець плазкий ( <i>Thymus serpyllum</i> L.)	Тимол, карвакрол, п-цимол, ліналоол, борнеол, $\gamma$ -терпінен, камфен, $\beta$ -каріофілен	Аромат насичений, теплий, пряний із трав'янистими і бальзамічними нотами; смак гострий, пряний, із гіркувато-терпким післясмаком.

Бузина чорна ( <i>Sambucus nigra</i> L.) квітки	Ліналоол, гераніол, нерол, $\beta$ -пінен, $\alpha$ -пінен, евгенол, $\alpha$ -терпінеол	Аромат ніжний, солодкуватий із квітковими і фруктовими відтінками; смак м'який, солодкувато-пряний із легким гіркуватим післясмаком.
Бузина чорна ( <i>Sambucus nigra</i> L.), плоди	Ліналоол, гераніол, $\alpha$ - терпінеол, $\beta$ -пінен	Аромат насичений, фруктовий із легкими терпкими і бальзамічними нотами; смак кисло-солодкий, терпкий, з легким ягідним післясмаком
Звіробій звичайний ( <i>Hypericum perforatum</i> L.)	$\alpha$ -пінен, цинеол, мірцен	Аромат бальзамічний, що нагадує суху соснову смолу з легкими медовими відтінками; смак гіркувато-смолистий, злегка терпкий і в'язкий
М'ята перцева ( <i>Mentha piperita</i> L.)	Ментол (42–92%), цитраль, гераніол, карвон, дегідрокарвон	Аромат сильний, характерний пряно- ароматичний, із домінуванням м'ятного тону. Смак пекуче-пряний, освіжаючий, із характерним охолоджувальним ефектом
Котяча м'ята ( <i>Nepeta cataria</i> L.)	Непеталактон (70%), цитронелол, нерол, ліналоол, пінен	Аромат приємний, теплий, з нотами пряної м'яти та легким лимонним відтінком. Смак пряний, м'який, з освіжаючими та трохи терпкими нотками.
Трифоль ( <i>Menyanthes trifoliata</i> L.)	Фарнезен, пінен, сабінен	Аромат трав'янистий, легкий, з гіркуватими нотами. Смак виражено гіркий, злегка терпкий, з трав'янистим відтінком
Деревій звичайний ( <i>Achillea millefolium</i> L.)	Азулени, лімонен, туйон, каріофіллен, а-камфора, борніл-ацетат, цинеол	Аромат пряний, злегка фруктовий, з відтінками трав'яного та смолистого запаху. Смак гіркуватий, пряний, з легким терпким післясмаком

Композиції розробляли шляхом купажування настоїв рослин у різних пропорціях із подальшим змішуванням із виноматеріалами. Для подальших досліджень обрано наступні композиції (табл. 3.5.7).

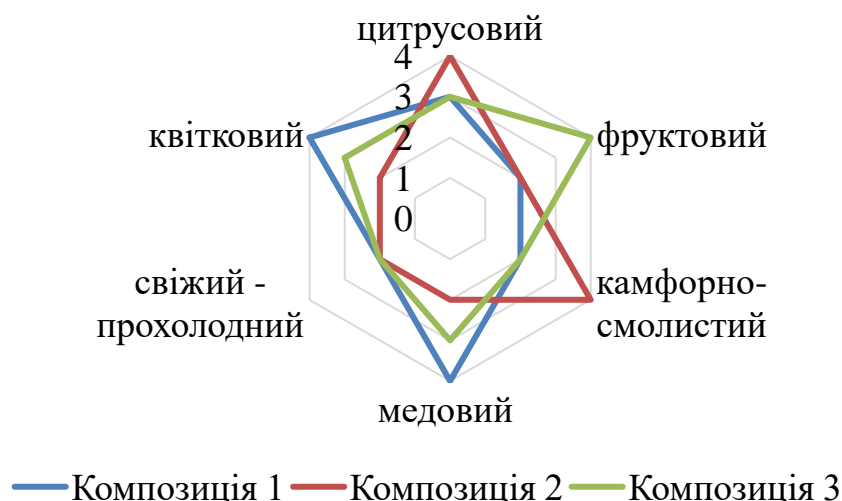
Таблиця 3.5.7

### Склад композиції та співвідношення компонентів

Інгредієнт	Композиція 1	Композиція 2	Композиція 3
Полин гіркий	3,3	4,0	3,3
Чебрець плазкий	1,5	1,5	1,5
Бузина чорна квітки	1,7	1,0	1,4
Бузина чорна ягоди	1,0	1,0	1,3
Котяча м'ята	1,0	1,0	1,0
Деревій	1,5	1,5	1,5
Всього	10,0	10,0	10,0

Ароматичний профіль композиції оцінювали шляхом холодного настоювання інгредієнтів у виноматеріалі одержаному за білим способом.

Результати представлені на рис. 3.5.3.



**Рис.3.5.3. Ароматичний профіль розроблених композицій**

#### *Розробка принципової технологічної схеми виготовлення вермутів*

За технологічними інструкціями традиційні вермути підвищеної якості повинні мати тонкий складний букет і гармонійний з легкою гірчинкою смак. Технологія вермуту досить оригінальна та суттєво відрізняється від виробництва інших типів вин. Ароматизовані вина готують купажуванням кількох компонентів – сухих натуральних виноматеріалів; настоїв рослинних інгредієнтів або ароматичних екстрактів; спирту-ректифікату; цукрового сиропу; колеру. Крім того, в купаж дозволяється вносити спеціальні виноматеріали, спиртові розчини ефірних олій та натуральних есенцій, ароматні спирти та інші компоненти.

Основою ароматизованих вин є сухі виноградні виноматеріали, виготовлені із білих, рожевих та червоних сортів винограду у відповідності з технологічними інструкціями.

Для приготування білого вермуту використовують сухі виноматеріали білих і рожевих сортів винограду, для червоного вермуту – сухі виноматеріали червоних сортів винограду. Для виробництва вермуту покращеної якості слід відбирати виноматеріали простого складу з можливим слабким ароматом, міцністю 9–13% об. і кислотністю 5–7 г/дм<sup>3</sup>. Виноматеріали мають бути здоровими, без сторонніх тонів у букеті та смаку [5].

Обробка виноматеріалів здійснюється за такою схемою:

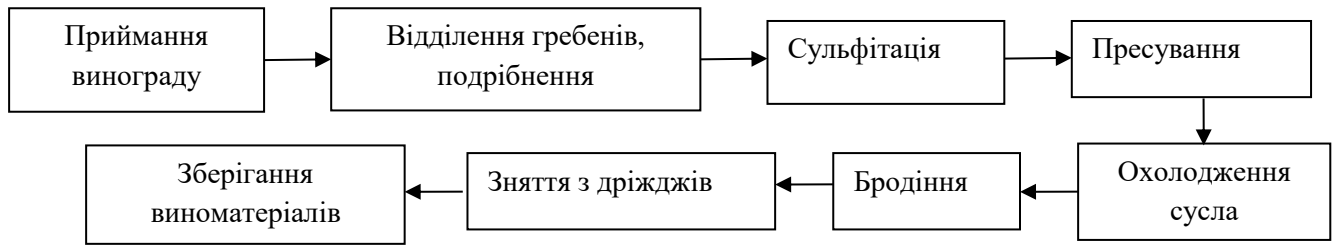
- Обробка активованим вугіллям (знебарвлення) — 1 доба
- Комплексна обробка жовтою кров'яною сіллю, бентонітом і желатином із відстоюванням — 8–10 діб
- Зняття осаду з фільтрацією — 1 доба

Разом: 10–12 діб.

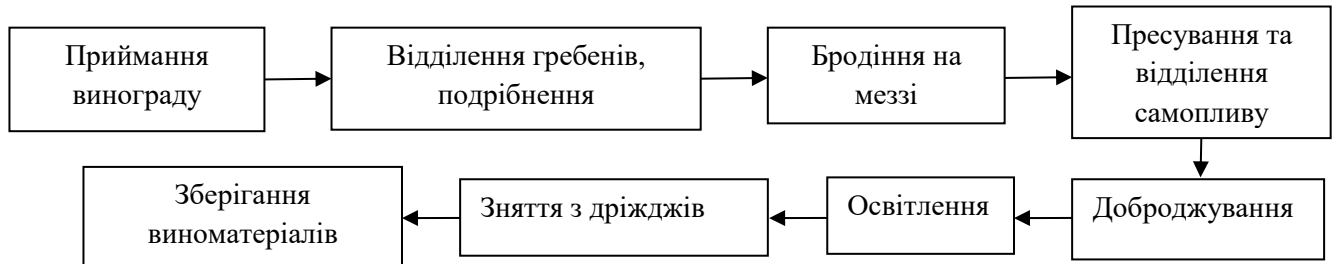
У разі обробки крейдою (додатково):

- Обробка крейдою із відстоюванням — 5 діб
- Зняття осаду з фільтрацією — 1 доба

Разом: 16–18 діб.



**Рис. 3.5.4. Загальна технологічна схема виробництва виноматеріалів за білим способом**



**Рис.3.5.5. Загальна технологічна схема виробництва виноматеріалів за червоним способом**

*Таблиця 3.5.8*

**Органолептична оцінка вермутів з використанням пряно-ароматичної композиції з різним співвідношенням екстрактів рослин**

Композиція	Органолептична характеристика ароматизованого вина		Дегустаційна оцінка	
	Білий спосіб	Червоний спосіб	Білий спосіб	Червоний спосіб
1	<p>Аромат складний, із домінуванням пряно-полинових і трав'янистих нот. Смак: Гіркуватий, насичений, з яскравими прямими і трав'яними відтінками. Початковий смак – виразний гіркуватий від полину, переходить у м'який і терпкий післясмак із легкою кислотою від ягід бузини та трав'яною свіжістю котячої м'яти. Колір: Насичений темно-золотистий з легким червонуватим відтінком,</p>	<p>Оснóву становить характерний полиновий аромат із гіркуватими трав'яними нотами. Додаються теплі пряні відтінки чебрецю та деревію. Ніжні квіткові нюанси бузини гармонійно інтегруються з легкими фруктовими нотками її ягід. Запашний акцент котячої м'яти додає композиції свіжості. Смак гармонійно збалансований, з яскравою гіркотою полину, пом'якшеною солодкувато-прямими та квітковими нотами. Колір насичений бурштиновий з червонуватим відтінком, обумовлений присутністю бузини (ягід) і трав. Профіль гармонійний характерний для вермутів</p>	8,5	8,5

	<p>обумовлений присутністю бузини (ягід) і трав. Композиція створює баланс між трав'яною гіркотою, квітковою ніжністю та фруктовим кислинкою, що забезпечує унікальний і добре структурований органолептичний профіль, характерний для класичних гірких вермутів.</p>			
2	<p>Аромат насичений з домінуючими трав'янистими і гіркими нотами полину. Основний тон потужний полиновий аромат із виразною гіркуватістю. Додатковий землісто-пряний відтінок чебрецю з легкими бальзамічними нотами. Ледь помітний квітковий тон бузини, що додає м'якої солодкості. Освіжаюча м'ятна нота котячої м'яти, яка не домінує, а лише пом'якшує ароматичну композицію. Терпкі та трав'янисті відтінки деревію, що надають аромату завершеності. Смак виразний, насичений гіркотою, що домінує завдяки збільшеній частці полину. Полиновий компонент яскравий, з глибокою гіркотою, яка довго тримається на смакових рецепторах. Помірна пікантність чебрецю додає теплоти. Легкі фруктові-квіткові відтінки бузини м'яко врівноважують гіркоту. Свіжість котячої м'яти та тонка терпкість деревію підсилюють складність смакової палітри.</p>	<p>Аромат насичений із характерними трав'янистими та ягідними нотами. Основний тон яскравий трав'яний аромат полину з акцентом на гіркоту. Додатковий землістий і теплий відтінок чебрецю із легким бальзамічним характером. Фруктово-квітковий букет бузини додає м'якої солодкості та округлості аромату. Освіжаючий ментоловий акорд котячої м'яти гармонійно поєднується із загальною композицією. Терпкі трав'янисті ноти деревію додають ароматичної глибини. Смак багатий, з інтенсивною гіркотою, обрамленою винними і ягідними відтінками. Полин гіркий домінує в смаковій палітрі, надаючи насиченої трав'яної гіркоти. Червоні вино матеріали додають повноти смаку, з легкою терпкістю та солодкуватим фруктовим відтінком. Чебрець і деревій: підсилюють гіркоту, надаючи пікантності та трав'янистої складності. Котяча м'ята забезпечує легкий освіжаючий післясмак. Бузина додає фруктових нот із легким солодким підтоном. Колір насичений червоний із рубіновими відтінками, характерний для червоних вино матеріалів із легким трав'янистим відблиском.</p>	8,4	8,5

	<p>Колір глибокий бурштиновий із зеленкуватим відтінком, характерним для настоянок із полином.</p> <p>Вермут має чітко виражений трав'янистий профіль із домінуючою гіркотою.</p>	<p>Вермут має яскраво виражений гірко-фруктовий профіль із балансом трав'янистих і ягідних відтінків. Завдяки червоним виноматеріалам він набуває більшої глибини та насиченості.</p>		
3	<p>Аромат елегантний, легкий, із виразним трав'яним характером і ніжними квітково-фруктовими акцентами. Основний тон трав'янистий аромат полину, пом'якшений квітковими відтінками.</p> <p>Додаткові відтінки: чебрець забезпечує тонкі землясті та теплі трав'яні ноти.</p> <p>Бузина (квітки) привносить легкий квітковий аромат із медовим акцентом.</p> <p>Бузина (ягоди) додає делікатну фруктову кислотку.</p> <p>Котяча м'ята освіжає композицію своїм ментоловим профілем.</p> <p>Деревій надає трав'яного шлейфу з прямими нюансами.</p> <p>Смак збалансований, легкий, із менш вираженою гіркотою, ніж у вермутах на червоних виноматеріалах.</p> <p>Полин забезпечує витончену, помірну гіркоту.</p> <p>Чебрець додає тонкої терпкості та глибини.</p> <p>Бузина (квітки та ягоди) забезпечує фруктову-квіткову м'якість і легку солодкість.</p> <p>Котяча м'ята: освіжає смак, додаючи ментолових нюансів.</p> <p>Деревій: гармонійно підкреслює трав'яні акценти з легким тривалим післясмаком.</p>	<p>Аромат гармонійний, із виразними трав'янистими та ягідно-квітковими акцентами.</p> <p>Червоні виноматеріали додають ароматичної глибини й фруктової насиченості. Основний тон: помірно інтенсивний трав'янистий аромат полину.</p> <p>Додаткові відтінки: чебрець привносить теплі, землясті та трохи бальзамічні ноти.</p> <p>Бузина (квітки) підсилює квіткові відтінки, роблячи аромат округлим і ніжним.</p> <p>Бузина (ягоди) додає фруктового акценту з легкою кислінкою.</p> <p>Котяча м'ята освіжає аромат своїм ментоловим профілем.</p> <p>Деревій забезпечує трав'янисту глибину й пікантний шлейф.</p> <p>Смак складний, із балансом гіркоти, трав'янистих і фруктову-квіткових нот.</p> <p>Полин гіркий: забезпечує характерну, але не надто домінуючу гіркоту.</p> <p>Чебрець: додає теплих і трохи терпких трав'яних акцентів.</p> <p>Бузина (квітки та ягоди) збагачує смак фруктову-квітковими відтінками, створюючи відчуття м'якості.</p> <p>Котяча м'ята: освіжає смакову палітру.</p> <p>Деревій: підсилює трав'яний характер і забезпечує тривалий післясмак.</p> <p>Колір насичений рубіново-червоний із легким трав'яним відтінком, який відображає пряно-ароматичний склад.</p> <p>Загальні враження: Цей вермут має помірно гіркий, збалансований смаковий профіль</p>	8,6	8,6

	<p>Колір світло-рожевий із легким зеленуватим відтінком, що відображає натуральність і свіжість композиції.</p> <p>Загальні враження: Цей вермут вирізняється ніжним ароматом і делікатним смаком із витонченим балансом гіркоти та солодкості.</p> <p>Легкість білих виноматеріалів підкреслює свіжість трав'яних і квіткових складових.</p>	<p>із виразними трав'янистими та фруктово-квітковими нюансами.</p>		
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	--	--

Композиції 1 та 2 мали досить виразні характеристики та можуть бути придатні для виробництва вермутів. Проте, високий ступінь оригінальності в ароматі та смаку був притаманний композиції 3. Для подальших досліджень використовували пряно-ароматичну композицію 3, котра вирізнялась найсприятливішими смако-ароматичними характеристиками та наиченим кольором (полін гіркий 33%; чебрець плазкий 15%; бузина чорна квітки 14%; бузина чорна ягоди 13%; котяча м'ята 10%; деревій 15%).

### Висновки до розділу 3.5

У роботі на підставі теоретичних та експериментальних досліджень встановлена доцільність інноваційної технології вермутів із використанням композицій рослинних ароматичних інгредієнтів.

Для отримання вермуту з оригінальними смако-ароматичними характеристиками підібрано пряно-ароматичну сировину з функціональними властивостями, котра дозволяє створити вермут з яскравим гірким смаком та насиченим кольором.

Шляхом експериментальних досліджень та аналізу отриманих даних створено пряно-ароматичну композицію та визначено частку рослинної сировини: полін гіркий 33%; чебрець плазкий 15%; бузина чорна квітки 14%; бузина чорна ягоди 13%; котяча м'ята 10%; деревій 15%.

Виконано аналіз органолептичних показників якості дослідного зразку, в ході якого встановлено, що вермут на основі розроблених пряно-ароматичних композицій вирізняється оригінальним смакоароматичним профілем з дегустаційною оцінкою вище 8,4 бали.

Показано, що для отримання екстрактів пряно-ароматичної сировини, котрі гарантовано не міститимуть токсичного туйону потрібно проводити екстрагування при міцності екстрагента не вище 30% об.

Результати досліджень показують, що фактично з підвищенням концентрації етилового спирту підвищується ступінь екстрагування сухих розчинних речовин. Екстрагування сухих розчинних речовин з пряно-ароматичної сировини можна проводити виноматеріалом, якщо його спиртуозність досягає

15%. У такому випадку не буде розбавлення екстрактивності самого виноматеріалу, що в перспективі може сприятливо позначитись на органолептичних характеристиках готового продукту.

Доведено, що збільшення екстрагенту до 15 частин майже не впливає на ступінь екстрактивності. Однак це вплине на спиртуозність готового продукту та ступінь розбавлення виноматеріалу. Тож рішення про використання кількості екстрагенту необхідно приймати враховуючи конкретні бажані кондиції готового продукту.

### Література до розділу 3.5

1. Abreu, T., Perestrelo, R., Bordiga, M., Locatelli, M., Daniel Coisson, J., & Câmara, J. S. (2021). The flavor chemistry of fortified wines—A comprehensive approach. *Foods*, 10(6), 1239.
2. Batiha, G. E., Olatunde, A., El-Mleeh, A., Hetta, H. F., Al-Rejaie, S., Alghamdi, S., Zahoor, M., Magdy Beshbishy, A., Murata, T., Zaragoza-Bastida, A., & Rivero-Perez, N. (2020). Bioactive Compounds, Pharmacological Actions, and Pharmacokinetics of Wormwood (*Artemisia absinthium*). In *Antibiotics* (Vol. 9, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/antibiotics9060353>
3. *Journal of Food Science and Technology*, 44(12), 2459–2463. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02036.x>
4. Fiore, M., Alaimo, L. S., & Chkhartishvil, N. (2020). The amazing bond among wine consumption, health and hedonistic well-being. *British Food Journal*, 122(8), 2707–2723. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2019-0344>
5. Gökbulut, A., & Şarer, E. (2010). Simultaneous determination of phenolic compounds in *Mentha spicata* L. subsp. *spicata* by RP-HPLC. *Turk J Pharm Sci*, 7(3), 249–254.
6. Gorjanović, S., Pastor, F., Loupassaki, S., Veljović, M. S., Vukosavljević, P. V., Zlatanović, S., & Pezo, L. (2020). Serbian aromatized wine “Bermet”: Electrochemical, chemiluminescent and spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 85(4), 517–529. <https://doi.org/https://doi.org/10.2298/JSC190404139G>
7. Harutyunyan, M., & Malfeito-Ferreira, M. (2022). Historical and Heritage Sustainability for the Revival of Ancient Wine-Making Techniques and Wine Styles. In *Beverages* (Vol. 8, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/beverages8010010>
8. Hutsol, T., Priss, O., Kiurcheva, L., Serdiuk, M., Panasiewicz, K., Jakubus, M., Barabasz, W., Furyk-Grabowska, K., & Kukharets, M. (2023). Mint Plants (*Mentha*) as a Promising Source of Biologically Active Substances to Combat Hidden Hunger. *Sustainability (Switzerland)*, 15(15), 11648. <https://doi.org/10.3390/su151511648>
9. chronic diseases. *Wine Safety, Consumer Preference, and Human Health*, 241–258.
10. Styger, G., Prior, B., & Bauer, F. F. (2011). Wine flavor and aroma. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38(9), 1145. <https://doi.org/10.1007/s10295-011-1018-4>
11. Surma, S., & Więcek, A. (2022). Alcohol and health. Is regular drinking of small doses of alcohol really good for your health? *Archives of Medical Sciences. Atherosclerotic Diseases*, 7, e49–e59. <https://doi.org/10.5114/amsad/150319>
12. Taleghani, A., Emami, S. A., & Tayarani-Najaran, Z. (2020). *Artemisia*: a promising plant for the treatment of cancer. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 28(1), 115180.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bmc.2019.115180>

13. Tegtmeier, M., & Harnischfeger, G. (1994). Methods for the reduction of thujone content in pharmaceutical preparations of *Artemisia*, *Salvia* and *Thuja*. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 40(5), 337–340.

14. Tonutti, I., & Liddle, P. (2010). Aromatic plants in alcoholic beverages. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 341–350. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ffj.2001>

15. Білько, М. В., Добоній, І. В., & Домарецький, В. А. (2010). Дослідження процесу екстрагування пряно-ароматичних рослин для виготовлення вермутів. *Вісник Нац. Техн. Ун-Ту «ХПІ». Збірник Наукових Праць. Тематичний вІпуск «Хімія, Хімічна Технологія Та Екологія».*–Харків: НТУ «ХПІ», 22, 126–130.

16. Вишне夫斯基, Е. Ф. (1983). *Ароматизированные вина Молдавии*. Картя Молдовеняскэ.

17. Горюшкіна, Т. Б., & Дзядевич, С. В. (2008). Виноградні вина. Хімічний склад та методи визначення. *Biotechnology*, 1, № 2, 24–38.

18. Гродзінський, А. М. (1992). Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник. К.: «Українська Енциклопедія» Ім. МП Бажана, Український виробничо-Практичний Центр «Олімп».

19. Осипова, Л. А. (2013). Удосконалення переробки пряно-ароматичної рослинної сировини в технології напоїв та вин із функціональними властивостями. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 2(18), 237–245.

20. Попова, В. М., Чехун, М. Г., & Громов, О. В. (2023). Перспективи виробництва вермутів. *Напої. Технології Та Інновації*, 2(96), 54–57.

21. Ткаченко, М. Г. (2001). *Розробка технології виробництва ароматизованих напоїв на основі використання рослинної сировини півдня України*. Інститут винограду і вина “МАГАРАЧ”, УААН, Ялта.

### Список публікацій за розділом 3.5

*Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Ivanova, I., Serdyuk, M., Tymoshchuk, T., Stotska S., Smahlii V., Slobodnyuk N., Golembowska N., Zahorko, N. (2025). Substantiating the criteria for evaluating the quality of frozen sweet cherry fruits using the method of multi-criteria optimization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2025, Vol 135, Issue 11, p71/ DOI 10.15587/1729-4061.2025.331599

2. Ivanova, I., Serdyuk, M., Tymoshchuk, T., Kravchuk, M., Lomeiko, O., Bakalova, A., Klymenko, T., Drobitko, A., Arabadzhly-Tipenko, L., Pyurko, O., & Zahorko, N. (2025). New approaches to assessing the quality of cherry fruit. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 13(1), 44–56. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15315497>

3. Bal-Prylypko, Larysa; Bandura, Valentyna; Serdyuk, Marina; Shlapak, Halyna; Novgorodska, Nadia; Zahorko, Nadiia; Basarab, Iryna. (2025). Optimization of forces in cutting poultry carcasses with disc knives. *Technology Audit & Production Reserves*, 2025, Vol 5, Issue 3(85), p35 DOI 10.15587/2706-5448.2025.340896

4. Olesia Priss (ed) Innovative approaches in food processing and sustainability. Tallinn: Scientific Route OÜ. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-2-2> Nadiia Zahorko, Igor Dudarev, Valentyna Tkachuk. Chapter 10. Changes in quality parameters of sweet peppers during low-temperature storage after freezing

***Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз***

5. Бизова А. Загорко Н. Ірга, як сировина для виноробства. Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2022р”. ТДАТУ, 2023р.С.10-12

6. Волошин А. Загорко Н. Сировина плодово-ягідного виноробства. Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2022р”. ТДАТУ, 2023р. С.29-30.

7. Клименко Ю. Загорко Н. Поняття “вино”, норми його споживання Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2022р”. ТДАТУ, 2023р., С.62-63.

8. Клименко Ю. Загорко Н. Відходи виноробства та їх утилізація. Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2022р”. ТДАТУ, 2023р., С.64-65.

9. Безь І.М, Загорко Н.П. Аналіз структури галузі виробництва соків в Україні Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2023р”. ТДАТУ, 2024р.

10. Безь І.М, Загорко Н.П. Розробка технології виробництва соку абрикосового та аличевого з використанням екстракту стевії. Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2023р”. ТДАТУ, 2024р.

11. Прасолов Д.Г., Загорко Н.П. Властивості та застосування карагенану в харчовій промисловості. Зб.тез “Матеріали Всеукр.наук-техн.конф. здобувачів ВО за підсумк.наук.досл.2023р”. ТДАТУ, 2024р.

### Тема 3.6 Обґрунтування інноваційних технологій виробництва функціональних продуктів на основі грибної сировини

**Керівник:** Бісько Н.А  
**Виконавці:** Ткаченко А.Г  
Сокот О.Є.

**Реферат.** Їстівні та лікарські культивовані гриби є топовою складовою інноваційних продуктів харчування. Асортимент готової для споживання продукції, що містить гриби, стрімко розширюється – це борошняні вироби, паштети, консерви, соуси, молочні продукти та ін.) [1]. Такий зліт споживчого інтересу до біоактивних речовин грибів зумовлений не тільки зростанням проінформованості населення про оздоровчі властивості високомолекулярних речовин грибів, а й пошуком альтернативи білкам тваринного походження для збалансування дієтичних раціонів. Тому наукове спрямування теми 3.6 передбачає визначення якісних показників грибів та збереження їх поживної цінності впродовж зберігання, вивчення особливостей введення грибної сировини та її біоактивних речовин в рецептуру продуктів щоденного споживання. Досліджуються можливості фортифікації плодових тіл грибів есенціальними елементами через моделювання складу субстратів і водних розчинів, що використовуються в біотехнології отримання біомаси грибів [6].

За результатами минулорічних досліджень визначено морфологічні ознаки плодових тіл технічної та біологічної стиглості перспективних штамів чотирьох видів грибів: гливи золотої та легеневої, опенька тополевого та тропічного виду калоцибе індійського. Запропоновані оптимальні режими збирання врожаю з урахуванням методів подальшої переробки, розраховані коефіцієнти виходу напівфабрикатів за різних варіантів обробки грибної сировини.

Доведено можливість додавання грибного фаршу з грибів гливи заміною 20 % від маси тіста у технології виробництві хліба з пшеничного борошна. Такі зміни надають виробам легкого грибного аромату, позитивно впливають на колір, не погіршуючи структуру та загальний вигляд виробів.

Виявлено позитивний ефект застосування водопоглинаючих целюлозних серветок на якість плодових тіл шіітаке за умови тривалого зберігання (до 35 діб) у пакуваннях з використанням полівінілхлоридної харчової плівки товщиною 7,5 мкм.

Науково обґрунтовано доцільність застосування штамів неїстівного гриба ксиларії багатоликої з Колекції культур шапинкових в технології синтезу меланіну, кількість якого варіювала від  $5,17 \pm 0,36$  до  $180,32 \pm 4,16$  мг/л серед досліджуваних штамів за умови поверхневого культивування на рідких живильних середовищах.

*Ключові слова:* продукти особливого функціонального призначення, оздоровче харчування, грибний фарш, пакування, меланіни, глива, шіітаке, ксиларія

## Мета дослідження

*Метою* дослідження стало визначення показників якості врожаю чотирьох видів культивованих грибів, результатів первинної їх переробки, продуктивність виробітки меланіну, оцінка впливу плівки на тривалість зберігання грибів оцінка впливу заміни частини тіста з пшеничного борошна на грибний фарш з грибів гливи.

*Об'єкт досліджень* – культивовані їстівні гриби.

*Предмет досліджень* – післязбиральні процедури збереження споживчої якості грибів з підвищеною біологічною та харчовою цінністю.

## Матеріали та методи дослідження

*Чисті культури грибів* отримували шляхом вирізання шматочків паренхіми з внутрішніх частин карпофорів і перенесення їх на агарове середовище з 3 % солодовим екстрактом і витримували протягом 14 діб за температури 25 °С. Чисті культури було депоновано в Колекції грибних культур ІБК Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України, яку офіційно визнано національним надбанням країни. Зберігали культури штамів *Cyclocybe aegerita* 2231, *Pleurotus citrinopileatus* 2161, *P. pulmonarius* 2314 за температури  $4 \pm 1$  °С, але штам *Calocybe indica* 2598 при  $16 \pm 2$  °С, оскільки це не терморезистентний штам. Культури *P. citrinopileatus* 2161 та *P. pulmonarius* 2314 інкубували 7 діб при 24 °С, тоді як ріст *C.aegerita* 2231 продовжувався 10 діб, культуру *C. indica* 2598 вирощувати при 30 °С.

Для приготування *посівного зернового міцелію* використовували суміш зернових та технічних культур: ячмінь, пшеницю, ріпак, льон і крейду ( $\text{CaCO}_3$ ) як мінеральну добавку в співвідношенні 60:30:8:1:1 [5]. Ретельно перемішували попередньо проварений ячмінь і пшеницю з попередньо замоченим у холодній воді насінням ріпаку, після цього додавали льон та крейду. Насипали по 6 кг суміші в поліпропіленові мішки розміром (570×470 мм), PP75/BEU6/X47-57 (Sac02, Бельгія). Пакети стерилізували за температури 128 °С (тиск - 1,8 атм) впродовж 3 годин в промисловому автоклаві. Після охолодження стерильну зернову суміш інокулювали «материнським» міцелієм (0,5 % за сирою масою), герметезували та інкубували за температури 22 °С (*C. aegerita* 2231, *P. citrinopileatus* 2161, *P. pulmonarius* 2314) і  $30 \pm 1$  °С (*C. indica* 2598) впродовж шести або семи діб. Частково колонізоване зерно ретельно струшували для досягнення рівномірної колонізації культурами грибів зернової суміші. Через  $8 \pm 1$  днів для *P. citrinopileatus* 2161 і *P. pulmonarius* 2314, і  $10 \pm 1$  днів для *C. indica* 2598 і *C. aegerita* 2231, посівний зерновий міцелій (ПЗМ) був готовим для охолодження. Пакети з ПЗМ *C. aegerita* 2231, *P. citrinopileatus* 2161 та *P. pulmonarius* 2314 охолоджувалася до  $10 \pm 1$  °С, після чого переносили в холодильник і зберігали за температури  $2 \pm 1$  °С до використання. Зерновий міцелій *C. indica* 2598 зберігали за температури  $15 \pm 1$  °С не більше тижня.

*Субстрат* виготовляли з ячмінної соломи, лушпиння соняшника, гранул лушпиння соняшника, ріпаку, кукурудзяного борошна та крейди у співвідношенні 30:40:70:20:17:1 та зволожували до  $68 \pm 1$  %. Субстрат пакували в поліпропіленові мішки 580×480 мм з чотирма фільтруючими смугами 20 × 480 мм, розташованими

на відстані 150 мм одна від одної, по дві з кожної сторони. Субстрат стерилізували впродовж 2 год за температури  $125 \pm 1$  °C, охолоджували в асептичних умовах до  $28 \pm 1$  °C та інокулювали ПЗМ (5 % сирової маси). Пакування з інокульованим субстратом герметично запаювали в асептичних умовах, а потім ретельно перемішували струшуванням, щоб досягти рівномірного розподілу зернят по всьому субстрату. Середня вага кожного пакування з субстратом становила  $3330 \pm 123$  г. Для кожної культури було виготовлено по 30 пакувань.

Інкубацію культур здійснювали за температури  $24 \pm 2$  °C та відносній вологості повітря (RH) 65 %. Тривалість періоду інкубації була різною для кожного культивуару і становила для *S. aegerita* 2231  $28 \pm 3$  доби, *P. citrinopileatus* 2161 –  $18 \pm 2$  доби, *P. pulmonarius* 2314 –  $12 \pm 1$  доба до початку утворення примордіїв. У цей час освітлення приміщень для вирощування грибів не застосовувалося. Субстрати з культурою *S. indica* 2598 інкубували за температури  $28 \pm 2$  °C, а середня температура всередині пакетів становила  $34 \pm 1$  °C. На 19-й день *S. indica* 2598 переносили в камеру плодоношення, розкривали пакети таким чином щоб залишити «комірці» висотою 6-7 см та наносили покривний шар на основі торфу висотою 30 мм, попередньо зволожений до 75 % вмісту води. Регулярно проводили полив по 100 мл на  $0,047$  м<sup>2</sup> (площа відкритої поверхні пакету) кожні 48 годин.

Кліматичні умови для формування плодових тіл підтримували на оптимальних параметрах відповідно до особливостей культивування штаму. Так для *S. aegerita* 2231 і *P. citrinopileatus* 2161 знижували температуру до  $16 \pm 2$  °C, відповідно збільшували відносну вологість повітря (RH) до  $96 \pm 2$  %. Вміст CO<sub>2</sub> складав  $1150 \pm 150$  ppm (0,11 %), освітленість становила 150-200 люкс впродовж 8-10 годин на добу. Плодоношення *P. pulmonarius* 2314 почалося без зміни температури за температури  $24 \pm 2$  °C, але коливання день-ніч складали до 8 °C, RH -  $90 \pm 2$  % CO<sub>2</sub> -  $900 \pm 150$  ppm. Для плодоношення *S. indica* 2598 мікроклімат, який підтримували на інкубації також не змінювали. В приміщенні для плодоношення підтримувалися такі параметри мікроклімату: температура  $29 \pm 3$  °C, відносна вологість =  $91 \pm 4\%$ , вміст CO<sub>2</sub>  $1520 \pm 310$  ppm, освітленість  $150 \pm 30$  люкс.

У попередніх дослідженнях виявлено значний вплив часу збирання врожаю 2 груп штамів *P. ostreatus* та *P. pulmonarius* на їх технічні, хімічні та органолептичні показники [2]. Тому для досліджуваних культур, перш за все, була визначена можливість збирання врожаю на різних стадіях стиглості. Штам *P. pulmonarius* 2314, який вивчався в попередніх експериментах, був визначений як базовий. Плодові тіла мають дві стадії дозрівання: до активного спороношення – технічна, та з початком спороношення настає біологічна. Загальну вагу плодових тіл визначали з кожної субстратної одиниці (пакування). Вимірювали вагу, діаметр (для *S. aegerita* 2231 і *S. indica* 2598, *P. citrinopileatus* 2161) і товщину шапинок, висоту і ширину шапинок для *P. pulmonarius* 2314 (тому що шапинка у кільтури відрізняється асиметричною мушлевою формою); діаметр і висоту ніжки вимірювали для 100 плодових тіл, відібраних рандомно, для кожного культивуару. Біологічну ефективність (БЕ) розраховували для кожного хвилі плодоношення за

відношенням загальної ваги врожаю до маси сухої речовини субстрату, помноженого на 100 % [8].

*Зберігання та обробку* свіжозібраних плодових тіл грибів починали після швидкого охолодження за допомогою активної вентиляції в холодильнику з температурою  $2 \pm 1$  °C. Урожай зберігали не більше доби до процесу отримання напівфабрикатів методами відварювання та сушіння. Потрібно додати, що плодове тіла *C. indica* 2598 через 12 годин за низької температури пошкодились, почали стікати, втрачати пружність, а поверхня потемніла (рис. 6-д). Тому в подальшому для переробки використовували свіжі плодове тіла *C. indica* 2598, які зберігали за температури  $14 \pm 1$  °C не більше доби. Відварені гриби (по 300 г п'ять повторень) відварювали вродовж 5 хвилин, остуджували під час стікання води на ситі 10 хвилин, потім зважували. Сушіння проводили конвекційним методом за температури  $60 \pm 5$  °C вродовж 10 - 12 годин до постійної маси. Висушені зразки ретельно подрібнювали і використовували для подальших аналізів. Зразки зберігали не більше 2 тижнів за температури  $4 \pm 1$  °C в герметично закритій тарі.

*Харчовий і хімічний аналіз* проводили з отриманим порошком, який додатково підсушували в шафі за температури  $92 \pm 2$  °C до отримання абсолютної сухої маси. Відсотковий вміст вологи в плодових тілах розраховували як різницю між вагою свіжих (відварених) плодових тіл та абсолютно сухої маси отриманої після висушування, та відношення цієї різниці початкової маси наважки, помноженої на 100 %. Зольність визначали шляхом спалювання 3 г абсолютного сухого порошку плодового тіла в керамічному тиглі відомої ваги при  $550 \pm 10$  °C протягом трьох годин. Залишок охолоджували в ексікаторі. Вміст зольних речовин розраховували за різницею у вазі між залишком і вихідним сухим матеріалом плодового тіла віднесеної до маси початкової наважки, виражену у відсотках. Загальний азот визначали за методом К'ельдаля з перевідним коефіцієнтом 4,38 [3]. Вміст ліпідів визначали екстракцією зі зразків (абсолютного сухих) петролейним ефіром як розчинником за допомогою апарату Сокслета (АОАС, 1995). Вміст вуглеводів визначали за формулою:  $100 - \text{сума відсоткового вмісту білків, ліпідів і зольних речовин}$ .

Плодове тіла (ПТ) шіїтаке збирали за досягнення технічної стиглості: до початку спороношення та масою від 16 до 30 г. Для зберігання виробником було надано гриби з незначними дефектами поверхні: темні плями не більше 5мм у діаметрі, порушення форми, отже ті, які мали меншу візуальну привабливість, та, відповідно, могли затримуватись на полицях у торгівельних мережах. Свіжі гриби охолоджували до температури 2 °C та пакували у лотки з харчового поліпропілену (ПП-702 500 мл) по  $300 \pm 20$  г. Для пакування використовували харчові полівінілхлоридні (ПВХ) плівки від виробника ТОВ "Виробнича фірма "ПОЛІМЕР" різної товщини: 7,5, 10 та 12 мкм, в які загортали лотки на «гарячому столі». Гриби у пакуваннях контрольного варіанту в плівку не загортали. В пакуваннях для дослідження впливу водопоглинаючих агентів на дно клали саше з силікагелем масою 1, 2, 5, 10 г та целюлозні вкладиші та використовували плівку товщиною 7,5 мкм. Масу силікагелю у варіантах обирали відповідно до можливості отримати доступні готові саше з водопоглинаючим матеріалом, які на ринок харчових продуктів пропонує торгова марка «Воложка» (м. Київ). Отже, у

досліді було перевірено 9 варіантів: 1) контроль без плівки; 2) плівка 7,5 мкм; 3) плівка 10 мкм; 4) плівка 12 мкм; 5) плівка 7,5 мкм плюс целюлозна серветка - вкладиш; 6) плівка 7,5 мкм та саше з 1г силікагелю; 7) ...з 2 г силікагелю; 8)...з 5г; 9) з 10 г. Для кожного з варіантів досліду готували 21 пакування (по 3 на 7 контрольних точок). Гриби зберігали у холодильній камері за температури  $2 \pm 1$  °C та перевіряли зміни кожні 5 діб аналізом грибів у 3-х пакуваннях кожного варіанту досліду.

За вимогами CODEX STAN 38 пакування свіжих грибів має відбуватися відповідно до вимог «Загальних принципів гігієни харчових продуктів» (СХС 1-1969, Rev. 6-2022, Кодекс Аліментаріус). У розділі 6 зазначається, що тара має бути добре заповнена грибами, а у розділі 7 – необхідність перфорації для вільного доступу повітря та підтримання низьких температур впродовж зберігання та розташування на полицях маркетів [17]. Втім, застосування сучасних пакувальних матеріалів, зокрема ПВХ стрейчових харчових плівок, безпечних при контакті з продуктами, дозволяє забезпечити необхідний газообмін та захистити гриби від мікробіологічної контамінації через отвори перфорації [18]. Звичайно, потрібно зважати на можливий тиск плівки на плодові тіла у пакуваннях, що може привести до механічних пошкоджень у місті дотику. Отже, у регламенті пакування враховували 2 фактори: 1) максимальну наповненість лотків для запобігання вільному пересуванню плодових тіл та можливому травмуванню впродовж логістичних операцій; 2) натяг плівки, який мав забезпечити утримання плодових тіл у певному положенні та необхідний газообмін.

Головним завданням було визначення втрат маси грибної сировини та змін візуальних характеристик врожаю впродовж тривалого зберігання у дослідних варіантах пакувань. Додатково встановлювали ступінь водопоглинання застосованих абсорбентів. Оцінку якості врожаю впродовж зберігання проводили за наступними показниками: візуальні зміни кольору, поверхні та пружності плодових тіл, зміни маси грибів у пакуванні, вмісту сухих речовин у плодових тілах. Також вивчали зміни маси вологопоглинаючих серветок та саше з силікагелем.

*Статистичний аналіз даних* проводився за допомогою Microsoft Office Excel 2016 MSO (16.0.4266.1001). Для порівняння змінних даних використовувався ANOVA Single Factor у надбудові QIMacros (Version: 2020.10 Licensed). Відмінності вважалися значущими за  $p < 0,05$ . Повторення кожного експерименту відбувалося три рази.

*Штами грибів і умови культивування.* Штами *X. polymorpha* були виділені в чисту культуру з ентостроматальної тканини грибів, зібраних в різних регіонах України. Усі культури зберігаються в Колекції грибних культур ІБК Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України (Bisko et al., 2023). Детальні дані з номерами штамів у колекції ІБК, датою виділення та їх походженням наведені в таблиці 3.6.1.

Стандартне живильне середовище – дріжджово-пептонне середовище (GYP), що містить (г/л): глюкоза – 25; пептон – 3; дріжджовий екстракт – 3;  $MgSO_4$  – 0,25;  $KH_2PO_4$  – 1;  $K_2HPO_4$  – 1) використовували для поверхневого культивування в

рідкому середовищі. Середовища стерилізували автоклавуванням (20 хв при 121°C) і регулювали рН до 6.

Таблиця 3.6.1

Список досліджених штамів *X. polymorpha* з колекції культур ІВК

Номер штаму	Місце, геолокація місцезнаходження та рік
2719	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°16'13.8"N 28°26'40.1"E; 2020
2720	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°16'13.8"N 28°26'40.1"E; 2020
2721	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°15'31.3"N 28°26'21.0"E; 2020
2723	Ukraine, Sumy Region, Romny District, Bratske; 2020
2727	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°15'23.9"N 28°25'56.6"E; 2020
2729	Ukraine, Kharkiv, 50°02'38.4"N 36°15'50.4"E; 2020
2736	Ukraine, Mykolaiv Region, Voznesensk District, "Trykraty forest" Reserve Tract; 2020
2737	Ukraine, Mykolaiv Region, Voznesensk District, "Trykraty forest" Reserve Tract; 2020
2382	Ukraine, Ivano-Frankivsk Region, Gorgany Nature Reserve; 2014
2430	Ukraine, Donetsk Region, Dronovka; 2013

Для дослідів вирощували вегетативний міцелій у чашках Петрі впродовж 7 діб за температури 26±1 °С на GYPА (GYP, що містить 21 г агар-агару). Отриманий міцелій гомогенізували і стерильно інокулювали в колби Ерленмейєра по 500 мл, що містять 200 мл GYP середовища (10% об/об). Інкубацію проводили протягом 30 діб в умовах поверхневого культивування при температурі 26±1 °С, в темряві. Отриману міцеліальну біомасу збирали шляхом фільтрації та сушили за температури 60 °С до постійної ваги.

Екстракція грибного меланіну. Пігмент екстрагували з порошкоподібної біомаси міцелію шляхом обробки гарячим лугом (1 М NaOH при 100 °С впродовж 2 год). Після центрифугування для видалення сміття темно-коричневий фільтрат підкислювали до рН 2 концентрованим розчином HCl. Утворений чорний осад збирали центрифугуванням (10000 об протягом 15 хв). Очищення меланіну включало видалення вуглеводів, білків і ліпідів, пов'язаних з сирим залишком.

Характеристика грибного пігменту. Фізичні та хімічні властивості виділеного пігменту визначали шляхом порівняння з літературними даними та характеристиками синтетичного меланіну LDOPA (Sigma-Aldrich, США), що використовується як еталон. Діагностичні дослідження включали розчинність в органічних і неорганічних розчинниках, осадження в 1М HCl і 1 % FeCl<sub>3</sub>, а також реакції з окислювачами (50% розчинів H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> і 5 % KMnO<sub>4</sub>).

Ультрафіолетова –видима спектрофотометрія. Розчини меланіну готували в 1 М NaOH в концентрації 0,1 мг/мл. УФ-видимий спектр поглинання розчинів сканували в діапазоні довжин хвиль 300–900 нм за допомогою спектрофотометра (Jenway 6850, Великобританія) шляхом порівняння синтетичного стандарту

LDOPA меланіну. В якості еталонної заготовки використовувався розчин 1M NaOH.

Спектроскопія комбінаційного розсіювання. Вимірювання проводили за допомогою комбінаційного спектрометра на базі одного монохроматора MDR–23 (LOMO) з TE–охолоджуваним CCD-детектором (iDus 420, Andor). Спектри були записані в спектральному діапазоні, що охоплює діапазон коливань органічних молекул,  $400\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ , зі спектральною роздільною здатністю  $2\text{ см}^{-1}$ . Спектри комбінаційного розсіювання світла були збуджені твердотільним лазером, що випромінює світло 457 нм. Потужність лазера була відрегульована до 1 мВт, щоб уникнути будь-якого термічного пошкодження зразка під час вимірювання.

Всі експерименти були незалежно виконані в трьох повторностях і проаналізовані за допомогою статистичних функцій Excel за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office XP. Дані записувалися як середнє значення  $\pm$  SD (стандартне відхилення).

### Результати дослідження та їх обговорення

Зовнішні характеристики плодових тіл значно змінювалися після початку спороношення (табл. 3.6.2). У всіх штамів з віком край шапинки стоншувався, пігментація поверхні різною мірою зменшувалася, а ламели гіменального шару темнішали. З настанням біологічної зрілості м'якоть шапинки ставала більш рихлою. Загальними для більшості штамів були зміни в будові ніжок: вони ставали більш жорсткими і волокнистими за виключенням *P. pulmonarius* 2314.

Таблиця 3.6.2

#### Морфологічні особливості культиварів на різних стадіях дозрівання

Параметри	Зрілість	Культивар (вид і штам)			
		<i>Calocybe indica</i> 2598	<i>Cyclocybe aegerita</i> 2231	<i>Pleurotus citrinopileatus</i> 2161	<i>Pleurotus pulmonarius</i> 2314
Форма шапинки	технічна	Округла, опукла, симетрична, іноді має невелике піднесення в центрі, а край її гладкий і щільний.	Круглі, опуклі, з загнутими вниз краями, з'єднані вуаллю з ніжкою	Округлі, з чіткими краями і поглибленням в центрі	Округлі, рідше злегка мушлеподібні, ширина завжди майже дорівнює висоті, з щільним краєчком
	біологічна	Округлі, сплюснені, край тонкий, іноді з невеликими тріщинами глибиною до 1-3 мм	Круглі, плоскі або злегка опуклі, краю гладкі, іноді із залишками шматка вуалі по краях	Округлі, іноді зі злегка зміщеним центром і хвилястими, дуже ламкими краями	Устричної форми, ширші за висоту, краї тендітні, злегка хвилясті, іноді загнуті вгору
Колір шапинки	технічна	Колір яскравий молочно-білий,	Колір варіюється від темно-	Колір жовтий, з легким	Поверхня рівномірно

		матовий, без будь-яких плям і відтінків.	коричневого до яскраво-коричневого, іноді з більш світлим оксамитовим краєм	лимонним відтінком, але до центру шапинки більш насичений	сіро-коричнева, зі світлішим забарвленням у місці прикріплення ніжки
	біологічна	Молочний з легкою жовтизною, менш насичений до краю шапинки	Світло-коричневий – темніший у центрі та майже білий по краю шапинки	По краю світло-жовтий, в центрі більш насичений, іноді з більш темними водянистими плямами	Бежево-сіруватий відтінок з більш темнішими ділянками особливо до краю шапинки
Колір геменію	технічна	Молочно-білий, матовий. Пластинки напівпрозорі на просвіт	Рожево-білий, Пластинки напівпрозорі на просвіт	Прозорі білуваті, інколи з легким бежевим відтінком	Білий, з легким бежевим відтінком
	біологічна	Рожевий з бежевим відтінком, насичений	Коричневий, насичений, оксамитовий	Світло-бежевий, зі легким рожевим відтінком	Бежевий, виглядає «брудним» через невелику звивистість

Продовження табл. 3.6.1

Ніжка	технічна	Довга, щільна, пружна, але не волокниста, без видимої різниці у щільності по всьому об'єму	Щільна, пружна, погано ламається, щільно з'єднана з шапинкою	Щільна, але не жорстка, з центричним або злегка асиметричним кріпленням до шапинки	Коротка, волокниста, але не жорстка, асиметричне кріплення до шапинки, гіменій плавно переходить на ніжку
	біологічна	Збільшена нижня частина більш ущільнена в місці прикріплення до субстрату	Волокниста, легко відокремлюється від шапинки, покрита лусочками розміром до 1 мм.	Тендітна тканина зовнішнього шару стає більш щільною, особливо у основі зростку	З віком ніжка не збільшується, не ущільнюється, не стає жорсткішою

Зовнішній вигляд *C. indica* 2598 і *P. pulmonarius* 2314 суттєво змінювався з віком (рис. 3.6.1 – а, б). Слід зазначити, що через зниження тургору в клітинах м'якоті плодів тіла *C. indica* 2598 стали менш пружними, а при механічному натисканні під час збирання врожаю на стеблах утворилися злегка помітні

водянисті плями (рис. 3.6.1 – с). В цілому якісні характеристики плодових тіл цих двох сортів в різному ступені зрілості залишилися задовільними.



**Рис. 3.6.1** Зміни грибів з віком: *P. pulmonarius* 2314 плодові грона в технічній (а) і біологічній (б) зрілості; *C. indica* 2598 цілі (с) і зрізані плодові тіла (d); карпофори після денного зберігання при  $14 \pm 1$  °C (е) і при  $2 \pm 1$  °C (f).

Плодові тіла *P. citrinopileatus* 2161 ставали крихкими і розсипалися біля основи ніжки. У плодових тіл *C. aegerita* 2231 з настанням біологічної зрілості вуаль на шапинці розривалася, а шапинка легко відділялася від ніжки при збиранні. Осипання темних спор призводило до того, що поверхня ставала коричневою, що псувало зовнішній вигляд врожаю. Тому сорти *C. aegerita* 2231 і *P. citrinopileatus* 2161 слід збирати лише на стадії технологічної зрілості. Підвищені температури в період плодоношення сприяють прискоренню фізіологічних процесів в плодових тілах грибів, що, відповідно, призводить до швидкого дозрівання. Тому для збереження якості врожаю *P. pulmonarius* 2314 збирають 2-3 рази на добу. Такий же підхід ми рекомендуємо і при культивуванні *C. indica* 2598.

Проаналізовано морфологічні особливості плодових тіл, варіабельність яких у зразках не перевищувала 20 %, що свідчить про задовільну сталість цього показника якості врожаю для всіх досліджуваних сортів (табл. 3.6.3).

Таблиця 3.6.3

#### Розміри плодових тіл (технічна зрілість)

Вид, штам	Вага, г	Висота, мм	Довжина ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм	Діаметр шапинки, мм
<i>C. indica</i> 2598	84,7 ± 4,8	130,1 ± 5,9	100,7 ± 1,31	34,2 ± 1,1	80,6 ± 1,9
<i>C. aegerita</i> 2231	5,5 ± 0,6	78,2 ± 2,3	68,6 ± 2,1	8,3 ± 0,3	28,6 ± 1,2
<i>P. citrinopileatus</i> 2161	10,5 ± 0,9	74,6 ± 1,7	45,5 ± 2,1	12,2 ± 0,7	51,2 ± 2,3
<i>P. pulmonarius</i> 2314	3,5 ± 0,2	38,5 ± 1,0	18,6 ± 0,8	5,6 ± 0,2	41,1 ± 1,4

Найбільшу вагу мали плодові тіла *C. indica* 2598, яка в окремих випадках коливалася від 20 до 380 г, тоді як понад 80 % врожаю становили плодові тіла масою від 55 до 127 г. Ми припускаємо, що такі відмінності дадуть можливість вплинути на візуальне сприйняття асортименту грибів на полицях супермаркетів, отже, привернути увагу покупців.

Культивари, рекомендовані для літнього вирощування (*C. indica* 2598 і *P. pulmonarius* 2314), достовірно ( $p < 0,05$ ) відрізнялися більш високим вмістом сухих речовин (СР) в плодових тілах як порівнювати з умовною «зимовою» групою досліджуваних штамів (*C. aegerita* 2231 і *P. citrinopileatus* 2161) (табл. 3.6.4). Однак, відмінностей за вмістом СР всередині цих умовних груп не виявлено.

Таблиця 3.6.4

## Хімічний склад культурних сортів

Вид, штам	Суша речовина, %	Вміст, % (від сухої речовини)			
		Сирі протеїни	Ліпіди	Вуглеводи	Зола
<i>C. indica</i> 2598	11,02 ±0,51	12,31 ±0,37	5,27 ±0,66	74,75 ±0,83	7,63 ±0,21
<i>C. aegerita</i> 2231	8,49 ±0,49	19,36 ±0,17	2,59 ±0,08	70,73 ±0,04	7,33 ±0,25
<i>P. citrinopileatus</i> 2161	8,54 ±0,05	21,46 ±0,51	1,56 ±0,23	68,33 ±0,31	8,64 ±0,08
<i>P. pulmonarius</i> 2314	11,17 ±0,22	18,75 ±0,63	1,12 ±0,13	72,81 ±0,27	7,11 ±0,03

Плодові тіла *P. citrinopileatus* 2161 (21,46 ±0,51%) мали найвищий вміст протеїнів в експерименті, тоді як зразки *C. indica* 2598 відрізнялись найнижчим результатом (12,31 ±0,37 %). Найвищий вміст жиру (5,27 ±0,66 %) визначено в урожаї *C. indica* 2598, який в 4,7 рази вище, ніж в грибах *P. pulmonarius* 2314 з найнижчим показником (1,12 ±0,13 %), і в 2 рази вище ніж в ПТ *C. aegerita* 2231 (2,59 ±0,08 %). Вміст вуглеводів коливався від найбільшого 74,75 ±0,83% (*C. indica* 2598) до найменшого 68,33 ±0,31 % (*P. citrinopileatus* 2161), проте суттєвих відмінностей між іншими штамми не виявлено. Найвищий вміст золи серед досліджених культурварів виявлено в ПТ *P. citrinopileatus* 2161 (8,64 ±0,08 %), а найнижчий – у *P. pulmonarius* 2314 (7,11 ±0,03 %). Співвідношення білків/жирів/вуглеводів було різним для досліджуваних штамів 2:1:14 (*C. indica* 2598), 7,5:1:27 (*C. aegerita* 2231); 14:1:44 (*P. citrinopileatus* 2161); 17:1:65 (*P. pulmonarius* 2314), але всі мали спільну характеристику — низький вміст жиру. Відомо, що кількість легкозасвоюваних вуглеводів в грибах не перевищує 0,1%. Тож такий баланс дає можливість рекомендувати досліджені гриби і продукти їхньої переробки для низькокалорійних дієт, які відповідають загальним тенденціям розвитку сучасної харчової промисловості.

Для встановлення інтегрального показника якості, що включає в себе витрати на отримання кінцевого продукту, необхідно мати точний прогноз втрат на кожному етапі переробки сировини. Для досліджуваних штамів найбільші втрати на етапі очищення виявлені при переробці врожаю *C. indica* 2598 – 7,3 % та *P. citrinopileatus* 2161 – 7 %, тоді як під час очищення грон *P. pulmonarius* 2314 втрачали не більше 1 % маси зібраних грибів (табл. 3.6.5).

Таблиця 3.6.5

## Коефіцієнти виходу напівфабрикатів

Вид, штам	Очищення	Відварювання	Сушіння
<i>C. indica</i> 2598	0,927 ±0,021	0,798 ±0,009	0,088 ±0,007
<i>C. aegerita</i> 2231	0,956 ±0,004	0,803 ±0,006	0,092 ±0,005

<i>P. citrinopileatus</i> 2161	0,930 ±0,011	0,853 ±0,019	0,098 ±0,006
<i>P. pulmonarius</i> 2314	0,991 ±0,017	1,095 ±0,028	0,090 ±0,003

Ми пов'язуємо це з відсутністю у цього штаму зросткової основи, що дає можливість легко відокремлювати плодові тіла один від одного для маринування або сушіння. Підвищена втрата ваги *C. indica* 2598 під час збирання залежить від необхідності видалення залишків покривного ґрунту з ніжки.

Короткочасне варіння грибів *P. pulmonarius* 2314 супроводжувалося незначним збільшенням (до 1 %) маси переробляної сировини за рахунок затримки вологи паренхімними тканинами та ламелами шапинок. Це дає змогу підвищити вихід маринадів, паст, фаршу з врожаю цього культивару. При відварюванні інших грибів втрачали від 15 % (*P. citrinopileatus* 2161) до 20 % маси сировини (*C. aegerita* 2231, *C. indica* 2598). Можливо, це пов'язано з високим вмістом водорозчинних компонентів, тож використання грибних відварів вищезначених штамів для приготування бульйонів або отримання екстрактів виглядає більш доцільним.

Найбільш високий рівень втрат характерний для процесів отримання сухих грибних напівфабрикатів. Так, висушування *C. indica* 2598 призвело до зниження маси сировини на 91,2 % (максимальний показник у досліді), а найменші втрати були зафіксовані при сушінні плодкових тіл *P. citrinopileatus* 2161 (90,2%). В цілому, найвищі втрати сировини були виявлені при переробці врожаю *C. indica* 2598, а найнижчі для контрольного штаму *P. pulmonarius* 2314.

Необхідно відзначити зміну органолептичних показників досліджуваних штамів після відварювання. Наприклад, плодові тіла *P. citrinopileatus* 2161 змінювали свій яскраво-жовтий колір на бежевий (рис. 3.6.2), що свідчить про недоцільність використання цього сорту для приготування маринадів у прозорих скляних ємностях.



**Рис. 3.6.2. *Pleurotus citrinopileatus* 2161 грона (а) і карпофори (б) і зміна кольору карпофора після 3 хвилин (в) і 10 хвилин (г) кип'ятіння.**

Однак відварені плодові тіла цього культивару набували приємного аромату морепродуктів, а бульйон мав привабливий жовтий колір. Такі особливості, на нашу думку, будуть цікаві рестораторам для виготовлення супів, гарнірів, фаршу, начинок, паштетів та намазок. Порошок, отриманий з сушених грибів цього сорту, мав приємний жовтий відтінок і аромат, що дозволяє використовувати його в якості натурального барвника і ароматизатора при створенні соусів, паст і хлібобулочних виробів.

Плодові тіла *C. aegerita* 2231 не втрачали забарвлення і пружності після варіння. «Хрусткі», з насиченим грибним ароматом – вони найбільше підходили

для маринування (рис. 3.6.3). При цьому фарш з цієї сировини був ніжним і пружним, але мав темно-коричневий відтінок. Сушені гриби легко подрібнювалися, порошок мав коричневий відтінок, приємний грибний аромат.



**Рис. 3.6.3.** Плодові тіла *Cyclocybe aegerita* 2031 у зростках (а), карпофори (б); після 10-хвилинного кип'ятіння (в) і у вигляді солінь з додаванням 2 % оцтової кислоти (г).

Напівфабрикати, отримані з культури *P. pulmonarius* 2314, мали аналогічні органолептичні показники. Після відварювання плодові тіла не втрачали пігментацію шапинки, залишались пружними, легко жувалися. Порошок з *P. pulmonarius* 2314 мав світло-сірий відтінок і слабкий, ледь вловимий аромат. Тому урожай цих грибів найбільше підходить для маринування, виготовлення м'ясних і овочевих напівфабрикатів і готових виробів, але в меншій мірі для соусів і начинок. Консистенція фаршу була однорідною, як і у фаршу з *C. aegerita* 2231. Аромат його був нейтральним, ненасиченим, що, на наш погляд, дає можливість використовувати таку сировину в якості наповнювача та часткової заміни м'ясної складової в котлетах, ковбасних виробках і паштетах. Потрібно відзначити високу вологоутримуючу здатність грибних напівфабрикатів ( $K=2,5-3$ ) що є перспективним показником для використання їх у якості структуроутворювачів.

Великі плодові тіла *C. indica* 2598 перед обробкою необхідно подрібнювати, що негативно позначається на візуальному сприйнятті маринадів. Також необхідно враховувати, що термічна обробка більше 5 хвилин робить м'якоть цих грибів жорсткою. Фарш був грубозернистим, щільним, його важко змішувати з іншими інгредієнтами. Найбільш вдалим методом стало швидке бланшування скибочок або брусків товщиною не більше 5 мм. Тож така сировина є ідеальною для салатів швидкого приготування, соусів і перших страв. Порошок з висушених плодових тіл не мав яскраво вираженого грибного аромату, він був дрібнозернистим, майже повітряним, з високою вологоутримуючою здатністю ( $K=3,2$ ) Отже, цікавими напрямками переробки врожаю цього культивару можуть стати: виробництво бланшованих напівфабрикатів для ресторанів і кафе; отримання порошоків для виробництва соусів; покращення якості макаронних і хлібобулочних виробів.

Сьогодні понад 90 % ринку грибів в Україні та понад 80 % у Європі займає печериця (*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach), тоді як інші види представлені переважно імпортованою сировиною та консервами. Це зумовлено, перш за все, відсутністю адаптованих технологій вирощування та переробки інших видів грибів з їх крихкими плодовими тілами, схильними до швидкого псування [6, 7]. Зростає інтерес з боку споживачів до нових їстівних видів грибів з унікальними оздоровчими властивостями, серед яких шіітаке є найбільш відомим. Важливість удосконалення технології зберігання грибів шіітаке вітчизняних промислових

штамів *L. edodes*, які мають високі адаптивні показники до культивування з використанням доступних сировинних матеріалів, є зрозумілою. Подовження терміну реалізації якісної грибної продукції надає можливість забезпечити сталі пропозиції на внутрішньому ринку, а також відкриватиме шлях для експорту. Відомі методи зберігання плодкових тіл грибів *L. edodes* потребують адаптації до використання доступних та ефективних пакувальних матеріалів, бо процедура пакування, яка значно поліпшує тривалість зберігання урожаю в задовільній якості, з іншої сторони, зумовлює суттєве зростання собівартості врожаю. Опубліковані результати наукових пошуків у цьому напрямку, залишають відкритими питання щодо впливу різних параметрів упаковки на якість і тривалість зберігання грибів.

#### *Аналіз останніх досліджень.*

Найбільш вагомими факторами, на думку дослідників, є характеристики пакувальної плівки – товщина, газоутримуюча здатність чи вибіркова проникність, антибактеріальні властивості та інші [9, 11, 12]. Додатково вивчаються можливості контролювання вмісту вологи у модифікованому газовому середовищі, що створюється в пакуваннях за рахунок дихання грибів після збирання шляхом використання різних вологопоглинаючих матеріалів [10].

Науковці обґрунтовують швидкі процеси старіння грибної сировини окислювальними процесами, які включають ферментну деградацію клітинних і субклітинних структур і макромолекул, а також мобілізацію продуктів розпаду у біомасі [13]. Тому, головним завданням на шляху збільшення тривалості зберігання грибів є зниження активності ферментів, зокрема поліфенолоксидази. Для цього використовують шокове та вакуумне охолодження свіжезібраної продукції до 0...2 °С, систему пакування у газомодифікованих середовищах (MAP–Modified atmosphere packaging) зі спеціальними плівковими покриттями, які дозволяють підтримувати необхідне співвідношення вмісту кисню та вуглекислого газу [14].

Однак, крім складу газової суміші, також важливо контролювати рівень відносної вологості всередині пакування з грибами, щоб уникнути утворення конденсату, розвитку плісневих грибів та розмноження бактерій. Більшість полімерних матеріалів (поліетилен, поліпропілен або полівінілхлорид), що використовуються в пакуванні свіжих продуктів, мають нижчу швидкість пропускання водяної пари порівняно зі швидкістю випаровування свіжих продуктів. Таким чином, більшість молекул води, що випаровуються з грибів, не проходить через плівку і залишається всередині упаковки, підвищуючи тиск водяної пари в мікрооточенні плодкових тіл. У цих умовах навіть незначне коливання температури може спричинити конденсацію пари всередині пакування, що зумовлює посилення росту мікроорганізмів, відповідно, появу слизу, запаху гниття, потемніння поверхні грибів [15, 16]. Тому, однією з технік, що сприяє тривалому збереженню якості урожаю, є використання водопоглинаючих полімерних матеріалів, зокрема SAP (Super absorbent polymer, polyacrylate), виготовлених з поліакрілату, які забезпечують умови ненасиченої вологості [10].

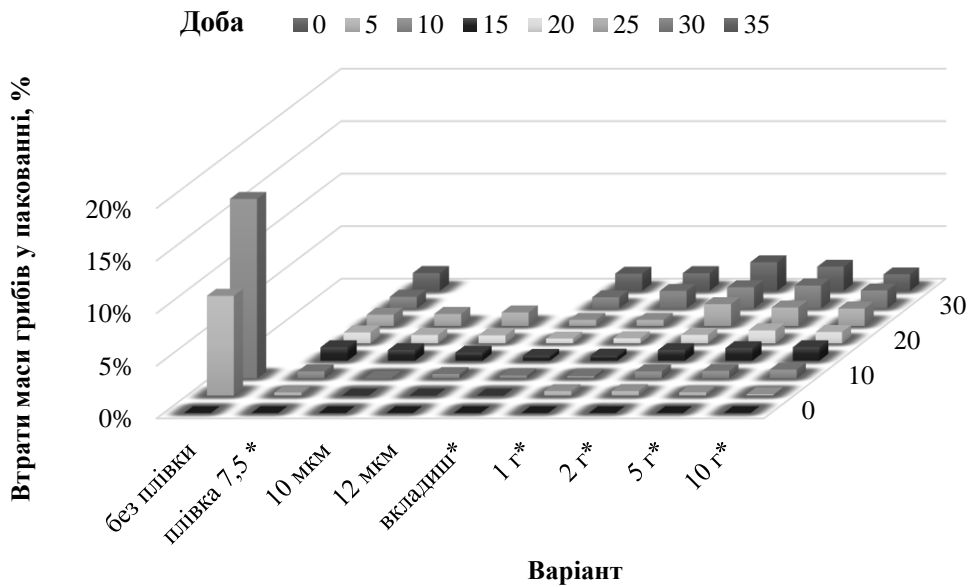
Вже на 5 добу зберігання урожаю спостерігали появу конденсованої вологи на внутрішній поверхні плівки у пакуваннях з товщиною 10 та 12 мкм, тоді як в інших варіантах досліду суттєвих змін не відбувалося (рис. 3.6.4).



**Рис. 3.6.4. Пакування з грибами шітаке після 5 доби зберігання: а), б), в) з різною товщиною плівок; в) з целюдозним вкладишем; г) без плівки – контроль 1; д) плівка 7,5 мкм без вологопоглиначів (контроль 2); е)-л) плівка 7,5 мкм з додаванням саше з силікагелем від 1 до 10 г відповідно.**

Отже, застосування ПВХ плівок товщиною більше 7,5 мкм не забезпечувало достатній газообмін за випробованих умов зберігання. Накопичення вологи в таких пакуваннях обумовлювало розвиток вегетативного міцелію на поверхні плодових тіл, що викликало їх злипання та псувало зовнішній вигляд продукту у пакуванні. Тому варіанти з товщиною плівки 10 та 12 мкм на 25 добу зберігання мали незадовільний вигляд та були вилучені з подальших спостережень.

За результатами експерименту визначено динаміку зменшення маси грибів у пакуваннях (рис. 3.6.5).



*Примітка:* × -пакування з використанням ПВХ плівки товщиною 7,5 мкм

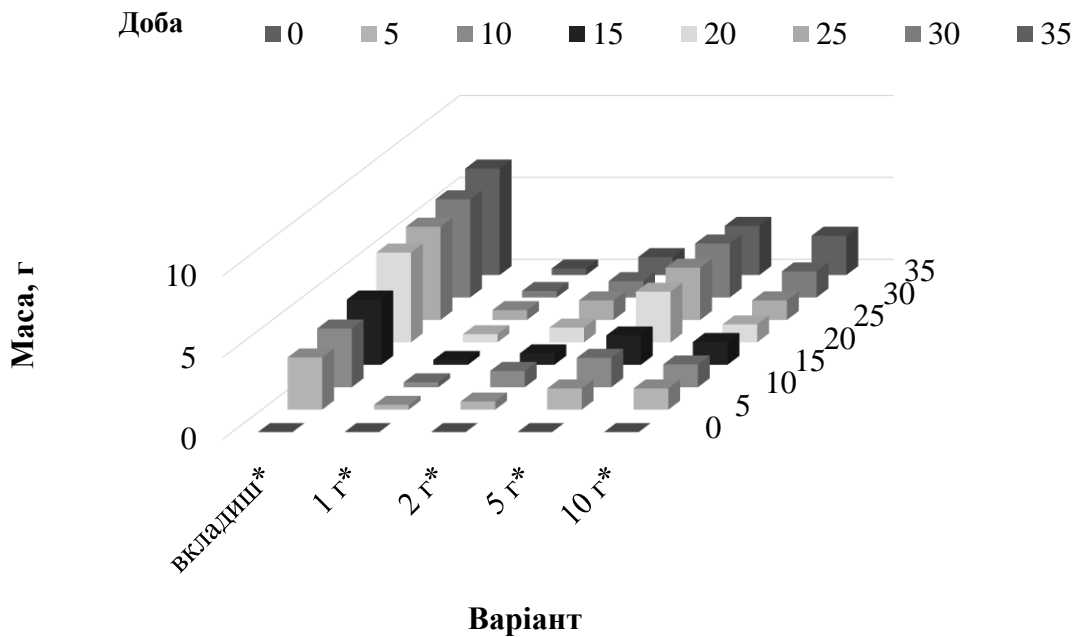
**Рис.3.6.5. Втрата маси грибів у пакуваннях впродовж зберігання за варіантами дослідження:** 1) без плівки (контроль 1); 2) полівінілхлоридна плівка (ПВХ) 7,5 мкм (контроль 2); 3) ПВХ плівка 10 мкм; 4) ПВХ плівка 12 мкм; 5) ПВХ плівка 7,5 мкм з целюлозним вкладишем; 6) ПВХ плівка 7,5 мкм з додаванням саше з 1 г силікагелю; 7) ПВХ плівка 7,5 мкм та 2 г силікагелю; 8) ПВХ плівка 7,5 мкм та 5 г силікагелю; 9) ПВХ плівка 7,5 мкм та 10 г силікагелю.

Найбільші втрати спостерігали за зберігання без застосування плівки (контроль 1), де на 10 добу зберігання маса грибів зменшилась на 17,06%. Поверхня грибів втратила пружність, зниження тургору в клітинах обумовило значне погіршення структури м'якоті плодівих тіл. На розрізі такі плодіві тіла втрачали еластичність. Тому цей варіант був вилучений з подальших досліджень.

Найменші зміни (1,57% від початкової маси) виявлені на кінець зберігання (35 добу) у пакуваннях з 10 г силікагелю. Втім, за результатами статистичного аналізу суттєвих відмінностей від даних, отриманих у контролі 2 (плівка 7,5 мкм без абсорбентів), з використанням целюлозної серветки, 1 та 5 г силікагелю не визначено. З дослідних зразків, що мали задовільну якість на 35 добу зберігання найбільші втрати маси (2,72%) спостерігали в пакуваннях з 2 г силікагелю, що в 1,5 рази було вище за інші варіанти. Цей первинний результат не дає чіткої відповіді на питання з визначення вмісту оптимальної маси абсорбуючих речовин, отже необхідно продовжити пошуки. Втім, аналізування комплексу органолептичних показників урожаю, що зберігався, дозволило чітко встановити переваги застосування плівки товщиною 7,5 мкм. Так, вже на 20 добу зберігання у пакуваннях з плівками 10 та 12 мкм починалося злипання плодівих тіл за рахунок росту вегетативного міцелію на поверхні шапинок, а на 25 добу ці варіанти були вилучені з дослідження через незадовільний вигляд. Подібні зміни спостерігали в пакуваннях з плівкою 7,5 мкм без використання вологопоглинаючих засобів на 30 добу зберігання, тоді як в пакуваннях з

додаванням вологопоглинаючих засобів плодів тіла легко розсипалися після відкриття.

Ефективність вологопоглинання у досліджених абсорбентів мала суттєві відмінності ( $p < 0,05$ ) (рис. 3.6.6).



*Примітка:* × -пакування з використанням ПВХ плівки товщиною 7,5 мкм

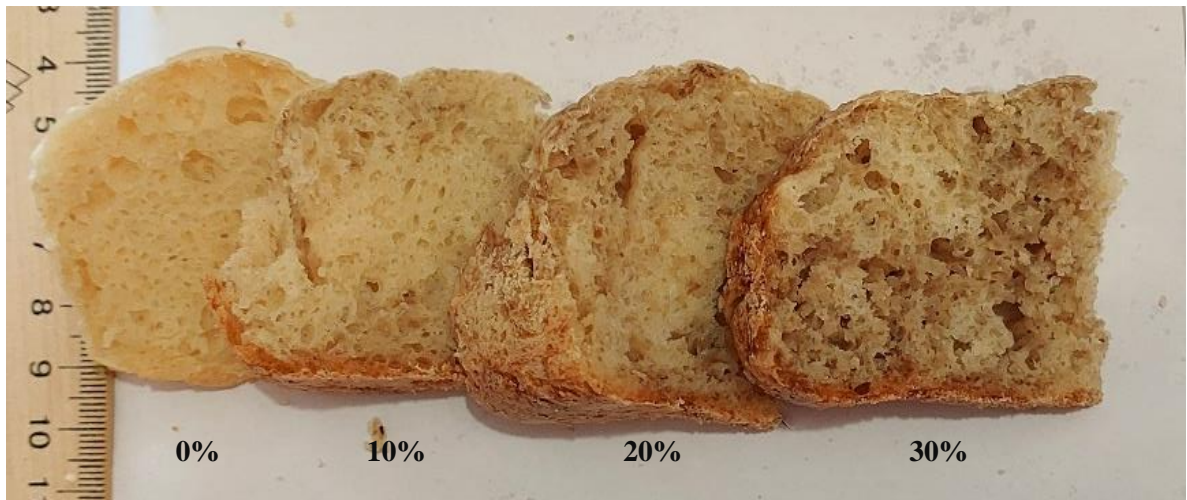
**Рис. 3.6.6. Збільшення маси абсорбентів впродовж зберігання за варіантами:** 1) полівінілхлоридна плівка (ПВХ) плівка 7,5 мкм з целюлозним вкладишем; 2) ПВХ плівка 7,5 мкм з додаванням саше з 1 г силікагелю; 3) ПВХ плівка 7,5 мкм та 2 г силікагелю; 4) ПВХ плівка 7,5 мкм та 5 г силікагелю; 5) ПВХ плівка 7,5 мкм та 10 г силікагелю.

Так, найбільший результат було отримано за використання целюлозного вкладишу, який утримував 6,5 г вологи на 35 добу зберігання, тобто більше ніж 500 % від своєї початкової ваги. Найменшу ефективність абсорбування виявлено для саше масою 10 г, маса якого впродовж зберігання збільшилась лише в 1,24 раза, тоді як для саше масою 1, 2 та 5 г в 1,4; 1,55 та 1,6 відповідно. Впродовж зберігання нагромадження вологи абсорбентами мало чіткий лінійний характер в варіантах використання вкладишів та 5 г силікагелю, тоді як нагромадження вологи у варіантах з 1 г та 2 г силікагелю припинялося на 25 добу зберігання, а в варіанті з 10 г силікагелю графік абсорбції мав експонентний характер. Такі результати вказують на необхідність перевірки якості пакування силікагелю та можливості збільшення їхньої загальної сорбуючої поверхні.

Оцінку споживчої якості виробів проводили за відповідністю до вимог ДСТУ 7517:2014 «Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови» [11]. Згідно з нормативним документом для експертної оцінки якості виробів обрали такі показники:

- загальна форма,
- стан поверхні,

- колір,
- стан м'якушки,
- смак,
- запах.(рис. 3.6.7)



**Рис. 3.6.7. Порівняння зразків хлібу з різним вмістом відварених грибів**

Оцінювання зразків проводили експертним методом за п'ятибальною системою. Для цього розробили систему бальною оцінки відповідності характеристик виробу вимогам ДСТУ (табл. 3.6.6).

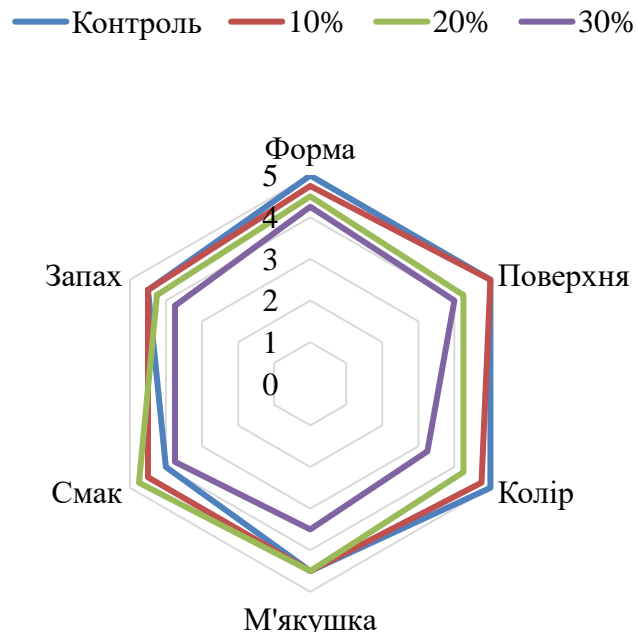
*Таблиця 3.6.6*

**Система бальної оцінки зразків хліба**

Бали	Показники					
	Форма	Поверхня	Колір	М'якушка	Смак	Запах
1	Не тримає форму, легко деформується	Дуже волога, слизька	Дуже темний, неоднорідний	З малими порами, слизька	Гіркий, неприємний	Різкий, неприємний
2	Погано тримає форму	Рихла, волога	Сіро - зелений	З малими порами	Солоний грибний	Різкий
3	Задовільно тримає форму	Гладка з незначними тріщинами	Сірий, неоднорідний	Середня пористість, нееластична	Чітко виражений грибний, солонуватий	Чіткий грибний
4	Добре тримає форму	Гладка	Світло сірий, однорідний	Середня пористість, еластична	Зі слабким присмаком грибів	Слабкий грибний
5	Гарно тримає форму	Гладка без тріщин та підривів	Жовтий з сіруватим відтінком, однорідний	Добре розвинута пористість, еластична	Приємний, з легкими грибними нотками	Приємний, з легкими грибними нотками

Залучені експерти (8 осіб) отримували підготовлені зразки під номерами та заносили бали і додаткові коментарії у підготовлені експертні листи відповідно до номеру зразка. Розшифровані дані обробляли в Excel (надбудові «Аналіз даних»)

для визначення середнього балу та інших показників статистики. Відповідно до зведених результатів будували профілограму оцінки якості досліджених зразків (рис. 3.6.8).



**Рис. 3.6.8. Профілограми органолептичних показників зразків хлібу з різним вмістом грибів**

За результатами оцінки органолептичних показників найвищий рівень визначено для хліба з додаванням 10 % грибів, але контрольний варіант поступався йому лише за смаком. Найнижчі бали за всіма показниками отримав зразок з додаванням 30 % грибів. Додавання 20 % грибної сировини значно покращувало смак виробу, надавало приємного специфічного аромату, але за іншими показниками поступався контрольному варіанту та з додаванням 10 % грибів. Цей факт свідчить про необхідність удосконалення технології підготовки грибного напівфабрикату, яке допоможе ввести збільшену кількість грибів без погіршення зовнішнього вигляду хлібу та його структури.

Потрібно зазначити, що отримані результати відрізняються від даних, отриманих з використанням грибного борошна [9] (табл. 3.6.7).

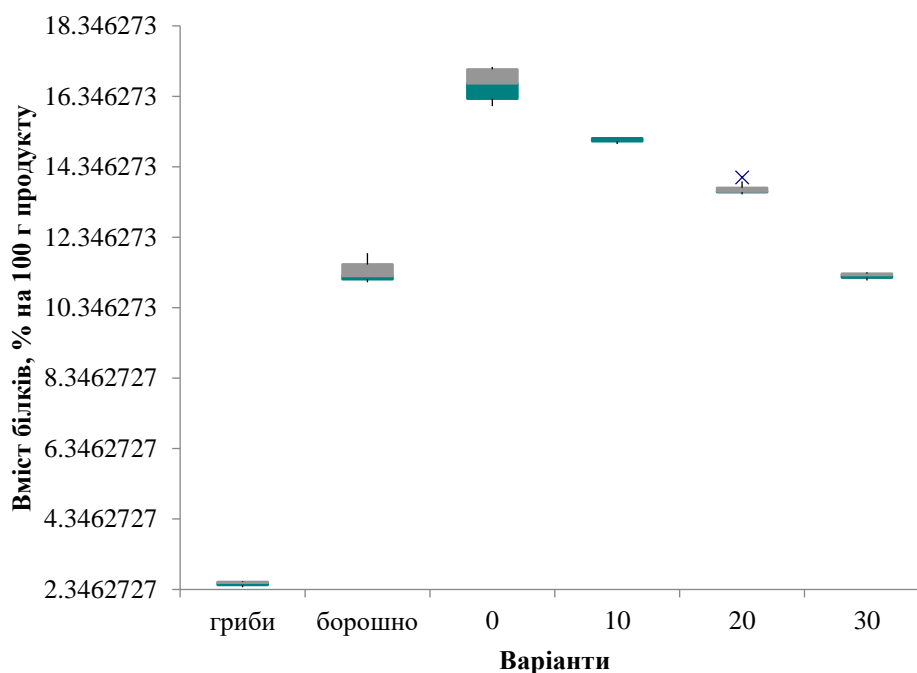
*Таблиця 3.6.7*

**Хімічний склад основних інгредієнтів та виготовлених зразків хлібу з додаванням грибів**

Назва	Вміст, в 100 г			
	Вода	Білок	ЕПС	Зола
Гриби гливи	8,48 ± 0,13	2,51 ± 0,05	9,02 ± 0,37	7,93 ± 0,98
Борошно пшеничне	86,99 ± 0,04	11,40 ± 0,25	68,61 ± 8,15	0,55 ± 0,03
В1 (к) 0 %	59,31 ± 1,05	16,67 ± 0,27	18,89 ± 4,61	0,73 ± 0,09
В2 10 %	54,07 ± 0,53	15,10 ± 0,05	15,85 ± 2,17	0,68 ± 0,08
В3 20 %	49,19 ± 0,68	13,72 ± 0,11	11,22 ± 2,47	0,48 ± 0,11
В4 30 %	42,65 ± 1,21	11,25 ± 0,07	13,79 ± 1,46	0,93 ± 0,10

Суттєво ( $p < 0,05$ ) знижувалась кількість сухих речовин в готовому продукті, відповідно підвищувався вміст вологи. Такий результат пов'язаний з високою вологоутримуючою здатністю грибної сировини. Якщо контрольний варіант задовольняв вимогам ДСТУ 7517:2014 за показником вмісту вологи, то варіанти досліду перевищували норму від 4 до 12 %. Відповідно, терміни зберігання таких виробів мають бути досліджені додатково.

Кількість білків в контрольному варіанті була суттєво вищою ( $16,67 \pm 0,27$  г на 100 г продукту), а найменший вміст білків ( $11,25 \pm 0,07$ ) визначено за додавання 30 % грибної сировини ( $HP = 0,57$ ). Вміст білків лінійно зменшувався зі збільшенням вмісту грибів, але в контрольному варіанті та за додавання 10 і 20 % грибів суттєво перевищував вміст білків у борошні (рис. 3.6.9)



**Рис. 3.6.9. Результати однофакторного аналізу даних (One-Way ANOVA) в надбудові QIMacros у перерахунку на 100 г продукту**

Вміст ендopolісахаридів в варіантах досліду суттєво не відрізнявся, але потрібно зазначити, що їх загальна сума зменшувалась з підвищенням вмісту грибів, що є логічним з урахуванням суттєвої переваги вмісту полісахаридів у борошні над грибною сировиною. Втім, якісний склад полісахаридів у варіантах досліду потребує додаткового вивчення, бо теоретично має відбуватися часткова заміна легко засвоюваних  $\alpha$ -глюканів борошна, на біоактивні  $\beta$ -глюкани грибів.

Складно пояснити отримані результати змін вмісту зольних елементів у варіантах досліду, де спочатку спостерігали зниження цього показника зі збільшенням вмісту грибів, а за додавання 30 % - різке зростання.

Меланін – гетерогенний полімер фенольної або індольної природи, що володіє широким спектром біологічної активності, включаючи радіо- та фотозахисну, антиоксидантну, хіміопротекторну, противірусну, протимікробну, цитотоксичну та імуностимулюючу активність. Виходячи з цих характеристик,

природний меланін має значний потенціал для застосування в харчовій промисловості та в галузях біомедицини, нанотехнологій та матеріалознавства. Поряд з цим, дослідження організмів, що виробляють природний меланін, залишаються актуальними, а нитчасті гриби, з їх винятковою метаболічною універсальністю, є перспективними джерелами цих пігментів. Зокрема, відомо, що гриби, що населяють деревину, виробляють специфічні типи меланіну як вторинні метаболіти. Присутність меланіну в харчових продуктах і виробках сприяє їх тривалому зберіганню. В процесі травлення меланін частково засвоюється за участі мікрофлори кишечника, частково виконує роль ентеросорбенту, регулятору перистальтики, нормалізує склад кишкової мікрофлори. Меланін є активним антидотом при гострих отруєннях, ефективно виводить токсини на ранній стадії отруєння з травного тракту до їх всмоктування в кров.

Меланіни - це пігменти темного-кольору, переважно коричневого або чорного кольору, фенольної або індолічної природи, виявлені серед різних організмів різних таксонів. Як і інші вторинні метаболіти, ці пігменти не є необхідними для росту і розвитку, але вони впливають на конкурентну здатність видів і їх здатність виживати в певних середовищах (Bell, Wheeler, 1986; Menter, 2016).

Класифікація меланіну заснована на хімічному складі структури мономерної субодиниці пігменту і складна через високу неоднорідність (Fitzpatrick, 1967). Більшість видів екстрагованих меланінів стійкі до хімічного розкладання кислотами і нерозчинні в більшості речовин, що ускладнює їх аналітичну характеристику. Незважаючи на неможливість використання класичних біохімічних і біофізичних методів, в останні роки досягнуто значного прогресу в розумінні структури, біосинтезу, локалізації, функції та деградації природного меланіну (Rizner, Wheeler, 2003; Носанчук та ін., 2015; PombeiroSponchiado та ін., 2017; Pralea та ін., 2019).

Серед усіх вивчених штамів найвища продуктивність синтезу пігменту була зафіксована для штаму ІБК 2737 і становила  $180,32 \pm 4,16$  мг/л. Найнижча продуктивність синтезу спостерігалася у штаму ІБК 2723 –  $5,17 \pm 0,36$  мг/л, хоча цей штам накопичував більше біомаси, зокрема  $14,78 \pm 0,01$  г/л проти  $12,22 \pm 0,21$  г/л, накопиченої штамом ІБК 2737 (табл. 3.6.8).

Тим не менш, істотних відмінностей в морфології і видимій пігментації колоній саме цих штамів не було, як видно на рисунку 3.6.11. Тому важливо проводити скринінг різних штамів, щоб знайти продуцентів більшої кількості метаболітів, характеристики яких також можуть відрізнятися. Наш скринінг виявив складність прогнозування виходу пігменту на основі морфологічних ознак. Подібно до надзвичайно неправильної форми стромати в природному середовищі, як впливає з назви, міцеліальні колонії *X. polymorpha* також проявляли варіабельність у культурних морфологічних характеристиках, особливо в щільності та пігментації. Колонії *X. polymorpha* в нашому дослідженні спочатку були білими, від бавовняних і оксамитових до ракоподібних, часто концентрично зонованих, стаючи сірими або чорними після тижня вирощування. Іншою спільною характеристикою було отримання великої кількості циліндричних і переважно нерозгалужених строматів, які утворювалися як при

передкультивуванні на агаровому середовищі, так і при поверхневому культивуванні рідини (рис. 3.6.10).

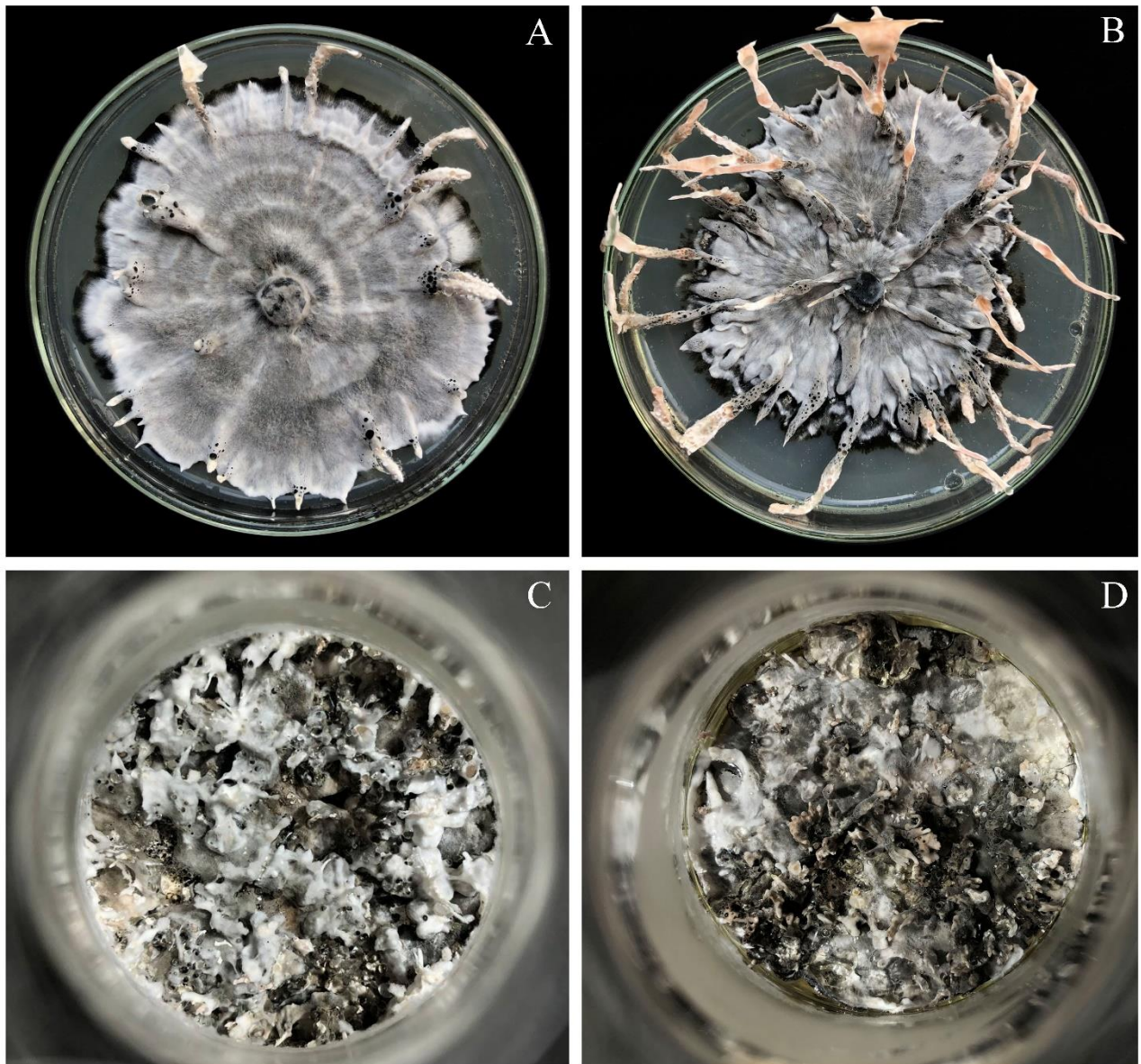
Таблиця 3.6.8

**Виробництво біомаси та меланіну штамів *Xylaria polymorpha* з колекції культур IBK Culture Collection в умовах поверхневого культивування на рідкому середовищі GYP за температури  $26\pm 1^\circ\text{C}$ .**

Номер штаму	Біомаса (g/l)	Остаточна рН живильного середовища <sup>×</sup>	Меланін (mg/g)	Продуктивність <sup>××</sup> синтезу меланіну, (mg/l)
2719	13.37±0.07	6.52±0.09	2.33±0.29	18.12±2.25
2720	12.39±0.03	6.90±0.04	2.33±0.11	17.80±0.84
2721	12.63±0.17	6.86±0.05	2.33±0.22	17.99±1.65
2723	14.78±0.01	6.40±0.04	0.67±0.04	5.17±0.36
2727	11.93±0.08	6.73±0.02	6.00±0.57	44.67±4.01
2729	10.31±0.05	7.23±0.07	14.00±0.53	103.99±3.83
2736	8.74±0.06	8.09±0.06	15.33±0.43	113.06±3.32
2737	12.22±0.21	7.25±0.13	25.33±0.57	180.32±4.16
2382	10.35±0.10	6.86±0.13	3.00±0.09	21.58±0.68
2430	8.56±0.08	8.12±0.09	14.67±0.56	96.42±3.45

*Примітки:* <sup>×</sup> початковий рН дорівнював 6.0. <sup>××</sup>Продуктивність розраховується як сума меланіну з біомаси, що міститься в 1 л культуральної рідини. Всі результати представлені у вигляді середнього значення потрійного  $\pm$  стандартного відхилення

Разом з підрахунком нарощеної біомаси в кінці інкубаційного періоду проводили вимірювання культуральних рідин за значеннями рН (табл. 3.6.7). Результати демонструють збільшення значень рН після процесу культивування. Найбільше підвищення спостерігалось для штамів IBK 2736 та IBK 2430 з кінцевими значеннями рН  $8,09\pm 0,06$  та  $8,12\pm 0,09$  відповідно. Підвищення значень рН узгоджується з даними про культивування *X. polymorpha* в інших умовах. Зокрема, Tudor зі співавторами (2013) при культивуванні *X. polymorpha* на деревних блоках повідомив про підвищення рН з рН 4,3 до 5,7 для бука та з рН 4,7 до 5,6 для цукрового клена.



**Рис. 3.6.10. Міцеліальні колонії *Xylaria polymorpha*. Штами ІБК 2723 (А) і ІБК 2737 (В) на GYPА середовищі на 20-й день культивування. Біомаса штамів ІБК 2723 (С) та ІБК 2737 (Д) на 30-ту добу рідкого поверхневого культивування на GYP середовищі.**

Ідентифікація виділених пігментів проводилася за традиційною схемою, включаючи всебічне дослідження за допомогою хімічних тестів на їх розчинність, якісні реакції та спектральні властивості. Отримані пігменти мали всі фізичні та хімічні властивості, загальні для меланінів, а експериментальні дані в рамках цієї роботи виявилися порівнянними з тими, про які повідомлялося в літературі. Результати діагностичних тестів пігменту, отриманого з біомаси *X. polymorpha*, в порівнянні з синтетичним LDOPA меланіном представлені в таблиці 3.6.9.

Таблиця 3.6.9

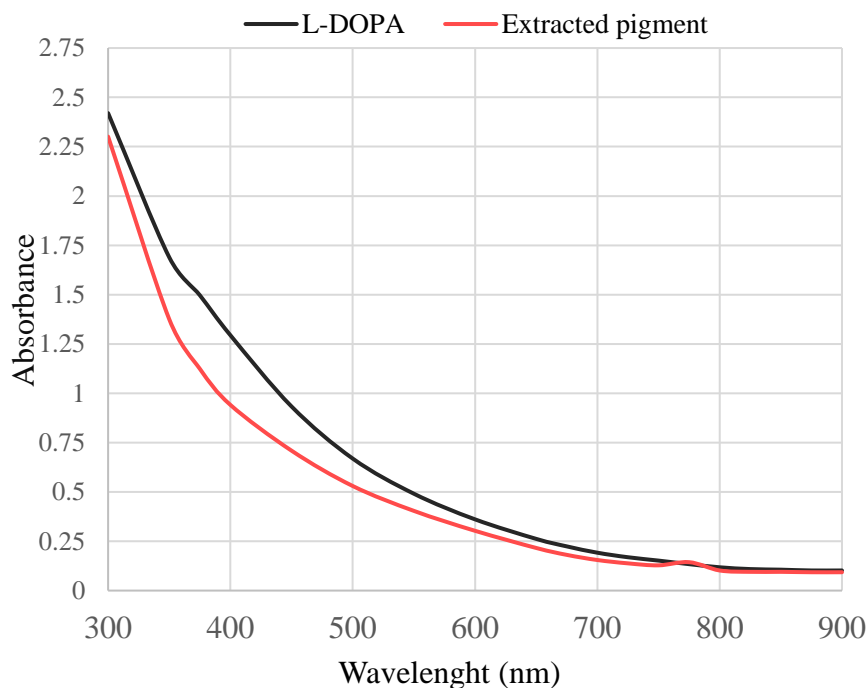
**Фізичні та хімічні властивості отриманого грибкового пігменту і синтетичного L-DOPA меланіну**

Показники	Метод	L-DOPA меланін (стандарт)	Екстрагований пігмент
Колір	-	ВВ	ВВ
Розчинність в неорганічних розчинниках	Дистильована вода	-	-
	1M NaOH	+	+
	1M HCl	-	-
Розчинність в органічних розчинниках	Methanol	-	-
	Етанол (конц.)	-	-
	Етилацетат	-	-
	Хлороформ	-	-
	Ацетон	-	-
	DMSO	-	-
Осадження	1% FeCl <sub>3</sub>	ВР	ВР
	1N HCl	ВР	ВР
	1N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ВР	ВР
Oxidation	50% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	О	О
	5% KMnO <sub>4</sub>	О	О

*Примітки:* «-» нерозчинний, «+» розчинний, ВВ – чорнувато-коричневий; ВР – поява коричневого осаду; О – сильне окислення з кінцевим знебарвленням.

Одним з критеріїв призначення пігментів меланінів є їх нездатність розчинятися в органічних розчинниках і воді в поєднанні з розчинністю в лужних розчинах (за винятком деяких видів меланінів). Екстрагований пігмент розчинявся в NaOH, тоді як в органічних розчинниках (метанол, етанол, етилацетат, хлороформ, ацетон, DMSO) не спостерігалось. Наші дослідження також показали, що 0,1 мг/мл розчинів екстрагованого пігменту в 1M NaOH окислювалися та відбілювалися в присутності 50 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. З додаванням KMnO<sub>4</sub> колір лужних розчинів змінювався з коричневого на зелений з подальшим знебарвленням і утворенням осаду. При додаванні 1% FeCl<sub>3</sub> утворювався пластівчастий коричневий осад.

Ультрафіолетова спектрофотометрія екстрагованого пігменту показала широкосмугове поглинання світла від 300 до 900 нм, що є типовим профілем поглинання більшості меланінів, включаючи синтетичний LDOPA меланін, протестований тут як стандарт (рис. 3.6.11).

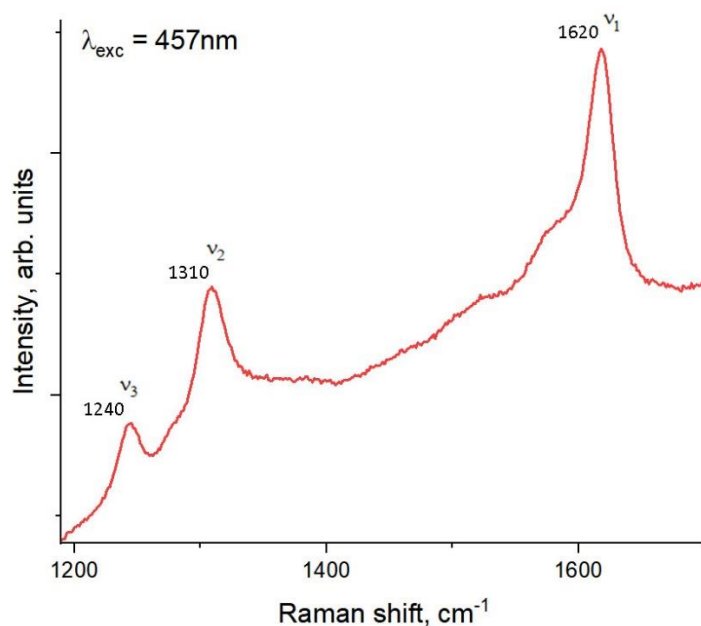


**Рис. 3.6.11. Ультрафіолетові видимі спектри абсорбції екстрагованого меланіну та синтетичного ЛДОПА-меланіну в 1М розчинах NaOH (0,1 мг/мл).**

Максимальне поглинання спостерігалось при 300 нм і поступово зменшувалося зі збільшенням довжини хвилі. Ці результати були схожі з результатами попередників, які виявили, що найвищий рівень поглинання меланіну, що виробляється різними грибами, був в області ультрафіолету в діапазоні 200–300 нм і знижувався до видимої області (Ellis, Griffiths, 1974; Singla та ін., 2021).

Раманівська спектроскопія показала основні піки екстрагованого пігменту, зокрема  $\nu_1 = 1240 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\nu_2 = 1310 \text{ cm}^{-1}$  і  $\nu_3 = 1620 \text{ cm}^{-1}$  (рис. 3.6.12), які збігаються з набором значень, які зазвичай вказують на характерні піки меланіну в деяких грибах, про які повідомляють інші дослідники (De la Rosa et al., 2017; Lopusiewicz, 2018). Lopusiewicz (2018) повідомив про спектри меланіну від *Exidia nigricans* (With.) P. Roberts, в яких переважали два інтенсивні та широкі піки приблизно  $1640 \text{ cm}^{-1}$  та  $1240 \text{ cm}^{-1}$  (для сирого меланіну) та  $1620 \text{ cm}^{-1}$  та  $1230 \text{ cm}^{-1}$  (для очищеного меланіну). Піки можна інтерпретувати як такі, що походять від розтягування ароматичних кілець у площині та лінійного розтягування зв'язків C–C у кільцях, а також деякого внеску коливань C–N у метильній та метиленовій групах.

Отримані тут спектри також дуже схожі на спектри комбінаційного розсіювання світла для меланіну від *Ochroconis lascauxensis* A. Nováková & P.M. Martin-Sanchez і *Ochroconis tshawytschae* (Doty & D.W. Slater) Kiril. & Al-Achmed, де сильні смуги на  $1608 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1305 \text{ cm}^{-1}$ , та  $1250 \text{ cm}^{-1}$ , які автори віднесли до коливань розтягування C=O, C–C у ароматичних сполуках та до коливань розтягування C–O гідроксильних груп відповідно (De la Rosa et al., 2017).



**Рис. 3.6.12. Комбінаційний спектр екстрагованого меланіну. Зразок, записаний з  $\lambda_{\text{exc}}=457$  нм. Вказується частота основних коливальних піків.**

Фактичне призначення основних меланінових смуг не зовсім узгоджено, оскільки, як уже зазначалося, хімічна характеристика меланіну є складним завданням з огляду на припущення, що ідентичних меланінових структур у природі не існує та їх склад залежить не тільки від різноманітних мономерних одиниць, а й від впливу умов навколишнього середовища під час полімеризації. Тим не менш, РАМАН спектроскопія виявилася цінним інструментом, що дає уявлення про основні функціональні групи в структурі меланіну

### Висновки

Гриби, завдяки своїм особливим функціональним властивостям, впевнено входять в щоденний раціон людей, які націлюють своє харчування на поліпшення стану власного здоров'я. Тому виробництво і споживання грибів, а також продуктів їх переробки стрімко зростає, а асортимент наявних на ринку видів активно розширюється. У дослідженні представлено результати вивчення морфологічних, технічних та хімічних показників урожаю та продуктів переробки їстівних грибів *Calocybe indica* (молочний гриб), *Cyclocybe aegerita* (піопіно), *Pleurotus citrinopileatus* (глива золота або лимонношарпінкова) та *Pleurotus pulmonarius* (глива легенева). Отримана кваліметрична оцінка післязбиральних характеристик штамів з вітчизняної колекції дозволяє припустити високі перспективи їхнього промислового вирощування. Насамперед, яскраві та привабливі зовні плодові тіла здатні привернути увагу покупців. Збільшення асортименту дає змогу не тільки задовольнити їх смакові вимоги, а й наповнити раціон унікальними біоактивними речовинами. Запропонований сезонний підхід культивування дає можливість зниження собівартості грибного врожаю, що позитивно вплине на цінову політику грибного асортименту та зробить його доступним широкому колу споживачів.

За результатами проведених дослідів доведено ефективність зберігання грибів шіітаке в промислових холодильниках за температури  $2 \pm 1$  °C із застосуванням полівінілхлоридної харчової плівки товщиною 7,5 мкм та вологопоглинаючих матеріалів: целюлозних серветок – вкладишів та силікагелю масою 2 та 5 г для паковань масою  $300 \pm 20$  г. Термін зберігання грибів шіітаке в задовільній споживчій якості за таких умов складає 35 діб.

Продуктивність синтезу меланіну серед досліджуваних штамів *X. polymorpha*, вирощених в умовах поверхневого культивування, варіювала від  $5,17 \pm 0,36$  до  $180,32 \pm 4,16$  мг/л. Найбільш продуктивними серед досліджуваних виявилися штами ІБК 2729, 2736 і 2737. Щоб підтвердити, що грибним пігментом є меланін, використовувався аналіз УФ-випромінювання та комбінаційного розсіювання. У цьому дослідженні УФ -видимий спектр поглинання грибного пігменту, що виробляється з *X. polymorpha*, продемонстрував сильну абсорбцію в УФ-області (300 нм) і знижувався до видимої області. Спектроскопічна сигнатура комбінаційного розсіювання грибного меланіну була виявлена при номерах хвиль  $\nu_1 = 1240$   $\text{cm}^{-1}$  і  $\nu_3 = 1620$   $\text{cm}^{-1}$ . Крім того, отримані пігменти мали всі фізичні та хімічні властивості, загальні для меланінів, у діагностичних тестах на розчинність, осадження та окислювальні реакції.

Автори висловлюють щирю подяку колегам з Інституту фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова, професору В. М. Джагану та доктору Н. В. Мазур за неоціненну допомогу в дослідженнях, зокрема при проведенні спектроскопії комбінаційного розсіювання.

### Література до розділу 3.6

1. Bandura I., Sabadash S.. Peculiarities of the use of mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* and effect on the quality and microstructure of chicken batter. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 2023. 25(100). P. 47-52. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10008>.
2. Бандура І. І. [и др.]. Analysis of the biological efficiency and quality factors of mushrooms of the genus *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm as a model of effective cultivation of lignicolous fungi with high functional value 2020.
3. Бухало А.С. [и др.]. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах / Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А., Вассер С.П., Дудка И.А., [и др.], Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера-е изд., Киев: Альтерпрес, 2011. 212 с.
4. Bach F. [и др.]. Influence of cultivation methods on the chemical and nutritional characteristics of *Lentinula edodes* // Emirates journal of food and agriculture. 2018. С. 1006–1013.
5. Bandura I. [и др.]. Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions // Acta agriculturae Slovenica. 2022. № 1 (118). С. 1–13.
6. Bandura I., Bisko N. A. Вплив добрива Аватар (комплекс наноцітратів мікроелементів) на продуктивність та якість печериць (*Agaricus bisporus*) та гливи (*Pleurotus ostreatus*) / I. Bandura, N. A. Bisko, 2021.
7. Bisko N. A. [и др.]. Методика наукових досліджень у грибівництві / N. A. Bisko, O. Nareba, O. Tsyg, I. Bandura, 2024.

8. Chang S. T., Lau O. W., Cho K. Y. The cultivation and nutritional value of *Pleurotus sajor-caju* // European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology. 1981. № 1 (12). С. 58–62.

### Список публікацій за розділом 3.6

#### *Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Bandura I., Sabadash S.. Peculiarities of the use of mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* and effect on the quality and microstructure of chicken batter. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 2023. 25(100). P. 47-52. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10008>.
2. Bandura I., Krupodorova T. Qualimetric assessment and features of quality formation for cultivated mushrooms in accordance with the methods of further processing. Food technology progressive solutions: Collective monograph./ Priss, O., Glowacki, S., Kiurcheva, L. et al.; Priss, O. (Ed.). Tallinn: Scientific Route OÜ, 2024. P. 93 - 117. <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-4-5.ch4>.

#### *Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз*

5. Bandura I.I., Priss O.P. Quality evaluation of the oyster pleurotus mushroom fruiting bodies of different ripeness. Publishing House “Baltija Publishing.” 2023. P. 360-375
6. Ткаченко А.Г., Бандура І.І. Особливості сучасних технік зберігання екзотичних грибів видів *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler та *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra (2023) Матеріали Х всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти за підсумками наукових досліджень 2022 року. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 139-140. <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/412>
7. Ткаченко А. Г., Бандура І. І. Попередня оцінка ефективності зберігання грибів шіїтаке в тарі з різною товщиною харчової плівки та застосуванням вологоутримуючих матеріалів. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, 2024. 24(3). С. 189-198. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-3-16>
8. Ткаченко А.Г., Бандура І.І. Оцінка сучасних методів збереження урожаю грибів *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler. XI всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти за підсумками наукових досліджень 2023 року. Факультет агротехнологій та екології: матеріали XI Всеукр. наук.- техн. конф., 19-23 лютого 2024 р. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. С. 111-113 [http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/17775/1/Collection%20theses%20of%20ATE\\_110-111.pdf](http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/17775/1/Collection%20theses%20of%20ATE_110-111.pdf)
9. Ткаченко А.Г., Бандура І.І. New ways of using cultivated mushrooms. Міжнародна конференція "Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток" / International conference " Education and Science in the Face of Challenges and Threats. The Contribution of Young Scientists to Sustainable Development ". 21-22 листопада 2024 року.

10. Ткаченко А.Г., Бандура І.І. Зберігання якості їстівних та лікарських грибів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв», м. Полтава: 24 грудня 2023 року.

11. Сокот О. Є., Бандура І. І. Перспективи культивування *Grifola frondosa* на відходах органічного землеробства. Матеріали I всеукраїнської науково-практичної конференції Наукові та практичні аспекти виробництва органічних харчових продуктів: реалії та майбутнє. Київ. 17.02.2024. с.24 – 25. <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/547be38d-7c69-42de-8d76-a9b081691873/content>

12. 2. Сокот О. Є., Бандура І. І. Моделювання рецептур хлібобулочних виробів з підвищеним вмістом біоактивних полісахаридів грибів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві». Київ. 17 вересня 2024 С.91 – 94. <https://drive.google.com/file/d/1-Y8X1fRfByGQ7E39qr7NOZLdpuWsFVnL/view>.

13. 3. Сокот О. Є., Бандура І. І. Гриби як джерело біоактивних компонентів для продуктів щоденного вжитку. Міжнародна наукова конференція «Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток» 21- 22 листопада 2024. Київ – Стокгольм. с. 310 – 312. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/proceedings\\_zbirnik\\_tez\\_molodih\\_vchenih\\_2024.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/proceedings_zbirnik_tez_molodih_vchenih_2024.pdf)

14. Atamanchuk A.R., Bisko N.A. Isolation and characterisation of melanin pigment from mycelial cultures of *Xylaria polymorpha* (Ascomycota). *Ukr. Bot. J. Biotechnology, Physiology and Biochemistry*, 2024, 81(1). P. 8–15. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.008>

15. Atamanchuk, A., & Bisko, N. (2023). Dynamics of the phenolic constituents and antioxidant activity in submerged cultures of *Xylaria* species. *Biotechnologia Acta*, 16(6), P. 82–87. <https://doi.org/10.15407/biotech16.06.082>

16. Бандура І.І. Особливості виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл гливи золотої та опенька тополевого. Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 22 квітня 2021 р.). С. 136-139

17. Bandura I.I., Priss O.P. Quality evaluation of the oyster pleurotus mushroom fruiting bodies of different ripeness. Publishing House “Baltija Publishing.” 2023. P. 360-375

18. Бандура І.І. Особливості виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл гливи золотої та опенька тополевого. Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 22 квітня 2021 р.). С. 136-139

### **Тема 3.7. Шляхи підвищення якості товарів та послуг харчової індустрії та сфери обслуговування**

**Керівник теми:** Кюрчева Л.М

**Виконавці:** Колісниченко Т.О.  
Гончар Ю.М

**Реферат.** В темі 3.7 було визначено та систематизовано структурні ознаки управління ресторанним бізнесом, обґрунтування чинників впливу на формування та розвиток ресторанного бізнесу. Розглянуто особливості впровадження Lean-технологій у процеси управління якістю на підприємствах готельно-ресторанного бізнесу в умовах динамічних змін ринкового середовища та релокації. Проаналізовано вплив Lean-методології на операційну діяльність, ефективність використання ресурсів та рівень задоволеності споживачів. Дослідження підтверджує, що застосування принципів бережливого виробництва сприяє скороченню втрат, оптимізації бізнес-процесів, підвищенню якості послуг та зміцненню конкурентних позицій підприємств сфери гостинності. Представлено узагальнені результати впровадження Lean-технологій, зокрема зменшення виробничих витрат, прискорення процесів обслуговування та підвищення продуктивності. На основі аналізу національного та міжнародного досвіду визначено ключові інструменти Lean, адаптовані до специфіки сервісної галузі. Зроблено висновок про високу ефективність Lean-підходів у підвищенні результативності та гнучкості підприємств готельно-ресторанного бізнесу.

#### **Мета дослідження**

Метою дослідження є визначення та систематизація структурних ознак управління ресторанним бізнесом, обґрунтування чинників впливу на формування та розвиток ресторанного бізнесу обґрунтування ефективності впровадження Lean-технологій у процеси управління якістю на підприємствах готельно-ресторанного бізнесу.

*Об'єкт досліджень* – ресторанний бізнес.

*Предмет досліджень* – системи управління ресторанним бізнесом, зокрема, методи та інструменти управління розвитку ресторанного бізнесу для формалізації та налагодження бізнес-процесів.

#### **Матеріали та методи дослідження**

Матеріали дослідження: аналітичні дані щодо діяльності підприємств готельно-ресторанного бізнесу; результати впровадження Lean-методології у сфері послуг; – наукові джерела й міжнародний досвід застосування системи Lean Production; – дані щодо операційних показників підприємств до та після впровадження Lean-технологій.

Для отримання результатів застосовувались наступні методи дослідження:

- аналітичний метод – для вивчення наукової літератури та сучасних підходів до управління якістю;

- порівняльний аналіз – для зіставлення ефективності процесів до та після

впровадження Lean-технологій;

– метод системного аналізу – для оцінки взаємозв'язків між елементами виробничих та сервісних процесів;

– метод картування потоків створення цінності (VSM) – для виявлення втрат та потенціалу вдосконалення;

– експертна оцінка – для визначення ключових проблем і вигод впровадження Lean у готельно-ресторанному секторі;

– узагальнення практичного досвіду підприємств, що впровадили Lean-технології в умовах релокації.

### Результати досліджень

Результативність та ефективність управління ресторанним бізнесом зумовлені різною кількістю та складністю внутрішніх чинників і параметрів, зокрема, застосуванням інновацій в бізнесі, рівнем розвитку операційних процесів, кооперацією праці, використанням наявних ресурсів, системою мотивування тощо. Найвагоміший аспект – рівень об'єднання усіх чинників у разі застосування в процесі управління бізнесом. Саме інтегративність застосування чинників сприяє ефективному розвитку ресторанного бізнесу.

Ефективне управління ресторанним бізнесом відбувається завдяки забезпеченню впровадження низки структурних ознак, які поєднують цілі, принципи, завдання, напрями, методи та інструменти, функції, економічні закони, умови та засоби, визначені узагальнені та поширені орієнтири дій і характеристик економічних явищ і процесів, результати яких наведено в таблиці 3.7.1.

Найважливіший критерій оцінки рівня стратегічного розвитку бізнесу – стійкість. Водночас основними цілями розвитку бізнесу є економічне зростання, конкурентоспроможність, збалансованість процесів, забезпечення стабільного функціонування.

Таблиця 3.7.1

#### Структурні ознаки управління ресторанним бізнесом

Ознаки	Класифікація, характеристика
1	2
Цілі	Забезпечення стабільного функціонування, економічного зростання, стратегічний розвиток, конкурентоспроможність бізнесу, збалансованість бізнес-процесів, залучення клієнтів, збільшення прибутку, утримання конкурентних переваг на ринку
Принципи	Інтегрованості, економічності, безперервності, оптимальності, комплексності, гнучкості, об'єктивності, альтернативності
Завдання	Дослідження та ліквідація диспропорцій щодо відхилень у діяльності бізнесу, створення протиріч як підґрунтя розвитку бізнесу, інформаційно-аналітичне забезпечення розвитку бізнесу, забезпечення результативного й ефективного застосування ресурсів, утримання та зміцнення конкурентних позицій, вироблення та впровадження напрямів політики щодо розвитку бізнесу

Напрями	Організаційні, фінансово-економічні, соціально-психологічні, екологічні
Методи	<ul style="list-style-type: none"> <li>– соціально-психологічні: соціальні, психологічні, моральні;</li> <li>– економічно-технологічні: економічні, технологічні, матеріальні;</li> <li>– адміністративно-правові: організаційні, розпорядчі, дисциплінарні (бюджетування, економічні плани, конструкторські документи, соціальні плани, стимули та санкції, розпорядчі і дисциплінарні інструменти)</li> </ul>
Інструменти	<ul style="list-style-type: none"> <li>– за напрямом впливу: прямого і непрямого впливу (накази, розпорядження, інструкції, положення, плани);</li> <li>– за способом урахування інтересів працівників: матеріального, владного, морального впливу (економічні стимули, штатні розписи, регламенти, договори, моральні стимули);</li> <li>– за формою впливу: якісні, кількісні (вказівки, кошториси);</li> <li>– за функціональною спрямованістю: організаційні, планові, координаційні, контрольні, регулювальні, мотиваційні (контролінг, регламентація, стратегічні карти, моніторинг, реінжиніринг);</li> <li>– за областю сферою застосування: маркетингові, фінансові, операційні тощо (факторний аналіз, бенчмаркінг, аутсорсинг та ін.);</li> <li>– за ступенем новизни: творчі, адаптивні, селективні, стандартні, нестандартні (інноваційні, креативні, пошукові);</li> <li>– за масштабом застосування: загальні, спеціальні;</li> <li>– за врахуванням фактору часу: статичні, динамічні (балансові, оптимізаційні, динамічні);</li> <li>– за тривалістю дії: довгострокові, середньострокові, поточні (стратегічні, тактичні, оперативні);</li> <li>– за формою вираження: концептуальні, аналітичні (описові – стратегічна модель Портера, SWOT-аналіз, PEST-аналіз та ін.; формалізовані – матриця БКГ, матриця McKinsey-7S, полікритеріальна діагностика розвитку тощо);</li> <li>– за напрямом дії: внутрішні, зовнішні;</li> <li>– за радикальністю дії: адаптаційні та біфуркаційні</li> </ul>
Функції	<ul style="list-style-type: none"> <li>– мікрофункції: аналізування й оцінювання стану та тенденції розвитку бізнесу, планування, організування, програмування, прогнозування, мотивування, контролювання процесів, моніторинг результатів, регулювання, бізнес-комунікування, захист інформації тощо;</li> <li>– макрофункції: виробництво продукції та послуг, реалізація продукції та послуг, організація споживання, фінансування, маркетинг та збут, інноваційна діяльність тощо</li> </ul>
Економічні закони	Загальні та специфічні; економічні закони, які діють у суспільно-економічних формаціях; економічні закони, що діють на одній із стадій перебігу виробничих (операційних) процесів

Умови	Умови зростання бізнес-активності; умови забезпечення діяльності ресторанного бізнесу; умови, зумовлені сформованим попитом; умови, зумовлені наявністю ресурсів; умови, зумовлені фінансовими обмеженнями
Засоби	Аналіз якості обслуговування та продукції; впровадження чи удосконалення стандартів якості в бізнесі; оцінка зовнішнього вигляду оздоблення; престижність; аналіз світових і вітчизняних тенденцій у ресторанній сфері; розширення і удосконалення номенклатури послуг, враховуючи побажання постійних клієнтів; удосконалення системи постачання ресурсів залежно від можливостей та обмежень; впровадження зворотного зв'язку з постачальниками щодо системи закупок, постачання і приймання продуктових запасів; удосконалення чи розробка страв чи додаткового меню, враховуючи побажання постійних клієнтів
Чинники впливу на ресторанний бізнес	– внутрішні та зовнішні; – чинники, які зорієнтовані на вироблення умов для регулювання напрямів розвитку ресторанного бізнесу; чинники, які обумовлені стимулами до формування та розвитку потенціалу ресторанного бізнесу

Підґрунтям розвитку бізнесу є стратегія. Тому невід'ємним елементом стає потреба вивчення напрямів отримання цільових орієнтирів завдяки формуванню стратегії розвитку ресторанного бізнесу за умови обмеженої кількості ресурсів. У такому контексті проблема формування стратегії розвитку ресторанного бізнесу вбачається надзвичайно актуальною.

Врахування усіх чинників впливу на становлення та розвиток ресторанного бізнесу варто розглядати як основний спосіб підтримки стійкості бізнесу (див. рис. 3.7.1).

У сучасних умовах, яким притаманне загострення криз, стратегії розвитку ресторанного бізнесу доцільно формувати зі спрямуванням на подолання та запобігання кризових явищ і ситуацій із застосуванням різних інновацій, інноваційних технологій у всіх внутрішніх процесах бізнесу.

Важливою інноваційною технологією в контексті розвитку ресторанного бізнесу є втілення системи управління ресторанним бізнесом, зокрема, використання різних методів та інструментів управління, розвиток потенціалу, забезпечення розвитку ресторанного бізнесу для формалізації та налагодження бізнес-процесів. Розвиток потенціалу ресторанного бізнесу зумовлений внутрішніми та зовнішніми чинниками, наявністю оптимальних стратегій розвитку ресторанного бізнесу.

Керівники структурних підрозділів готельного бізнесу у своїй діяльності стикаються з низкою проблем кризового характеру, зокрема, серед чинників зовнішнього середовища на їхню діяльність найбільший вплив мають соціальні, фінансово-економічні, політичні та виробничо-технологічні чинники [1]. Тому треба вирішити проблеми розроблення та реалізації ефективних оптимальних стратегій розвитку ресторанного бізнесу як компоненти процесу управління цим видом бізнесу.



**Рис. 3.7.1. Чинники впливу на формування та розвиток ресторанного бізнесу**

Вивчення теоретичних основ розроблення стратегії розвитку ресторанного бізнесу та виваженість управлінських рішень для відбору оптимального варіанта розвитку бізнесу дають змогу збільшити ефективність і результативність управління ресторанним бізнесом, максимально використувувати існуючий потенціал ресторанного бізнесу, досягати підвищення конкурентоспроможності й економічного зростання.

Ресторанний бізнес зазнав суттєвих трансформацій через стимулювання науково-технічного прогресу й інноваційного розвитку світового масштабу. Ресторанний бізнес все більше піддається вдосконаленню та впровадженню різних інновацій для готування страв, поліпшення обслуговування клієнтів. Сучасний стан функціонування та розвитку ресторанної сфери цілковито зорієнтований на пошук і втілення найбільш затребуваних інноваційних технологій, що сприятимуть зростанню кількості клієнтів, продажів, формуванню довіри та сприятливого іміджу.

Розвиток ресторанного бізнесу зумовлений успішним застосуванням різних електронних, автоматизованих систем управління. На ринку комп'ютерних систем існують універсальні та спеціальні аналітичні програми, які застосовують у ресторанній сфері. Більшість суб'єктів господарювання ресторанного бізнесу

віддають перевагу універсальним комп'ютерним засобам унаслідок їх достатньо легкої адаптації до особливостей управлінських функцій у закладах ресторанного бізнесу.

Сучасний ресторанний бізнес потребує найновіших методів управління. Ухвалення управлінських рішень в умовах постійно змінного середовища потребує не тільки аналізу, оцінки і прогнозування внутрішнього розвитку бізнесу, а й забезпечення відповідності між зовнішнім мікросередовищем, зовнішнім макросередовищем і результатами фінансово-господарської діяльності бізнесу, що водночас ставить високі вимоги до інформаційного та інших видів забезпечення управління ресторанним бізнесом. Використання автоматизованої системи управління в ресторанному бізнесі має низку переваг: виконується автоматичний облік, контроль за надходженням, списанням і рухом сировини, напівфабрикатів, готової продукції; налагоджується синхронний взаємозв'язок між усіма (модулями) підсистемами ресторанного бізнесу тощо [1].

Для того, щоб стати повноправним партнером у світовій і європейській спільноті, Україна має утвердити свої позиції на міжнародній арені, розширити межі міжнародної економічної діяльності, створити сприятливе середовище для розвитку бізнесу. Важливим складником бізнес-середовища країни є інституційні умови функціонування ресторанного бізнесу. Зрозумілі та прозорі правила гри на ринку, чесна та передбачувана поведінка контрольних органів, відсутність регуляторних бар'єрів життєво необхідні для повноцінного розвитку ресторанної сфери в країні та залучення інвестицій [3].

Таким чином можна зробити висновок, що ведення ресторанного бізнесу, впровадження політики та стратегії розвитку потребує врахування комплексу умов, які необхідні для стабільного економічного зростання, мають вплив на ефективність діяльності та зумовлені еволюцією бізнес-середовища. Формування сприятливого бізнес-середовища для розвитку ресторанної сфери є невід'ємною передумовою задля зростання рівня економічного розвитку суб'єктів господарювання та країни загалом, інтегрування в глобальний простір.

У сучасних умовах ринкових відносин ключовим завданням економічного аналізу підприємств готельно-ресторанного бізнесу стає підтримка їхніх конкурентних позицій. Сьогодні головними показниками, що визначають конкурентоспроможність підприємства, виступають ті, які відображають ефективність виробничих процесів [1], фінансову стабільність компанії, результативність збуту та маркетингових стратегій, а також конкурентоспроможність продукції, яку пропонує підприємство.

У даному контексті запровадження принципів Lean-мислення стало надзвичайно ефективним інструментом, який забезпечує безперебійність роботи під час складного процесу релокації, сприяє мінімізації втрат та надає можливість оптимізувати ключові бізнес-процеси. Особливо у кризових умовах такого масштабу Lean-методологія демонструє свою здатність робити процеси більш гнучкими та продуктивними, що дозволяє підприємствам не лише зберігати рівень конкурентоспроможності, але й динамічно адаптуватися до змін у середовищі ведення бізнесу. Чимало компаній зіштовхнулися зі значними труднощами, як-от порушення в логістичних ланках, необхідність найму нових кадрів, а також

відбудова пошкоджених виробничих потужностей. Однак завдяки системному впровадженню підходів Lean-мислення багато підприємств, зокрема в індустрії готельно-ресторанного бізнесу, змогли оперативно адаптуватися до обставин і здійснити перенос виробничої діяльності у більш безпечні регіони, продовжуючи функціонувати та відновлювати свої операції [2].

Впровадження системи Lean-технологій у готельно-ресторанному бізнесі являє собою сучасний підхід до управління, який спрямований на досягнення максимальної ефективності через оптимізацію внутрішніх операцій та бізнес-процесів. Ця стратегія допомагає не лише зменшити витрати, але й забезпечити високий рівень якості послуг, що повністю відповідають очікуванням гостей підприємств готельно-ресторанного бізнесу.

Впровадження Lean-методології в управління якістю у готельно-ресторанному бізнесі забезпечує оптимізацію внутрішніх процесів, усунення витрат та підвищення ефективності роботи підприємства. Даний підхід спрямований на створення додаткової цінності для клієнтів при мінімальних витратах, що дозволяє значно покращити якість обслуговування і конкурентоспроможність галузі. Завдяки проведенню систематичного аналізу та постійному вдосконаленню операційних процесів, Lean-технології сприяють ефективному визначенню найуразливіших точок у роботі компанії, оптимізації витрат і створенню умов для забезпечення стабільно високої якості надання послуг.

Lean Production можна охарактеризувати як комплексну систему, яка покликана створювати та організовувати діяльність підприємства таким чином, щоб виробництво та послуги були орієнтовані на потреби споживача.

Основний принцип цієї методики полягає в прагненні до мінімізації зайвих витрат, оптимізації використання ресурсів і скорочення непотрібних процесів. Запровадження цієї моделі дозволяє досягти гармонійного балансу між ефективністю та економічністю, створюючи умови для підвищення конкурентоспроможності на ринку послуг. Такий підхід надає організаціям широкий спектр можливостей: це і оптимізація внутрішніх процесів, і вдосконалення стратегій управління ресурсами, і забезпечення більш чіткого орієнтування на задоволення потреб клієнтів. У підсумку компанії отримують змогу використовувати наявні ресурси раціональніше, одночасно зберігаючи високий рівень якості послуг, що сприяє їхньому стійкому розвитку та зміцненню позицій у конкурентному середовищі.

Сфера послуг має ключову особливість, що відрізняє її від виробництва: основним результатом діяльності є сама послуга. Аналіз процесів надання послуг дав змогу визначити найважливіші проблемні аспекти, які потребують вдосконалення. Впровадження Lean-технологій у цій галузі передбачає адаптацію інструментів до її специфіки, а також залучення персоналу до активної участі в процесі оптимізації.

Дослідження підтвердили значний потенціал впровадження системи Lean Production у сферу обслуговування, зокрема в готельно-ресторанному бізнесі. Використання принципів бережливого виробництва сприяло оптимізації витрат ресурсів, прискоренню процесів обслуговування та підвищенню якості наданих

послуг. Важливою складовою процесу впровадження цієї системи стала детальна розробка методів, спрямованих на підвищення ефективності організації виробничого процесу, які ґрунтуються на використанні карт потоків створення цінності. Особливу увагу в ході дослідження приділяли всебічному аналізу національного досвіду, доповненому глибоким вивченням передових міжнародних практик управління процесами, зокрема у сфері обслуговування. Це дозволило отримати комплексний підхід до оптимізації існуючих механізмів та визначення шляхів їх удосконалення.

Практичний досвід показує, що впровадження радикальних змін у технологічні, виробничі та управлінські системи підприємства із застосуванням методів ощадливого виробництва дозволяє досягти таких результатів:

- скоротити втрати у виробничих процесах до 70...75 %;
- зменшити виробничі витрати до 35...40 %;
- знизити тривалість циклу виконання замовлення до 45...50 %;
- оптимізувати трудові ресурси та скоротити втрати праці до 40...45 %;
- зменшити обсяги запасів до 75...80 %;
- збільшити показники виробництва до 45...50 %.

Для успішного збереження та зміцнення своїх конкурентних позицій підприємствам готельно-ресторанної сфери необхідно регулярно аналізувати динаміку змін у конкурентному середовищі та швидко адаптуватися до нових умов.

Підсумовуючи, впровадження Lean-технологій у діяльність підприємств, що функціонують у сфері обслуговування, особливо в галузі громадського харчування, представляє собою не лише актуальну, а й надзвичайно дієву стратегію. Цей підхід спрямований на забезпечення послуг високої якості, покращення клієнтського досвіду та раціоналізацію виробничих процесів, що в свою чергу сприяє підвищенню конкурентоспроможності й ефективності бізнесу загалом.

Практика впровадження Lean-технологій демонструє помітні позитивні зрушення у багатьох ключових аспектах функціонування підприємств. Застосування таких підходів сприяє суттєвому вдосконаленню операційних процесів, підвищенню загальної ефективності роботи організації, покращенню якості продукції чи послуг, що, своєю чергою, допомагає більш повно задовольнити очікування та потреби споживачів. Завдяки цьому підприємства отримують можливість адаптуватися до змін ринкових умов і встановлювати довготривалі довірливі взаємини з клієнтами.

Використання Lean-мислення в процесі релокації підприємств готельно-ресторанного бізнесу сприяє зменшенню втрат, пов'язаних із переміщенням та логістичними труднощами. Це дозволяє операторам ринку послуг гостинності зберегти або навіть покращити ефективність виробничих процесів у нових складних умовах, підвищити гнучкість і здатність компанії адаптуватися до непередбачуваних змін на ринку, а також оптимізувати витрати і запаси. Зосередження ресурсів на ключових виробничих процесах доводить ефективність інструментів Lean для підприємств цього сектора, які стикаються з подібними викликами, зокрема під час повномасштабного вторгнення росії в Україну.

### Висновки за розділом 3.7

Результативне й ефективне управління ресторанним бізнесом відбувається завдяки забезпеченню впровадження структурних ознак, які поєднують цілі розвитку ресторанного бізнесу, принципи управління, завдання та напрями розвитку ресторанного бізнесу, методи та інструменти управління ресторанним бізнесом, функції управління ресторанним бізнесом, економічні закони, умови бізнес-середовища, засоби впливу на управління ресторанним бізнесом, встановлені узагальнені та поширені орієнтири дій і характеристик економічних явищ і процесів.

Серед чинників впливу на формування та розвиток ресторанного бізнесу варто виділити такі: трансфер, впровадження інновацій; забезпечення розвитку ресторанного бізнесу; потенціал розвитку ресторанного бізнесу; формалізовані та налагоджені бізнес-процеси; автоматизація управління бізнесом; умови для стабільного економічного зростання.

Найважливішим критерієм оцінки рівня стратегічного розвитку бізнесу є стійкість. Заразом основними цілями розвитку ресторанного бізнесу є економічне зростання, конкурентоспроможність, збалансованість процесів, забезпечення стабільного функціонування.

Lean-технології являють собою ефективний стратегічний інструмент для досягнення помітних успіхів у сфері обслуговування, дозволяючи компаніям підвищувати свою гнучкість та продуктивність. Окрім цього, вони сприяють максимізації задоволеності клієнтів, водночас оптимізуючи витрати.

### Література до розділу 3.7

1. Адлер О. О., Лесько О. Й., Долгій Л. М. Застосування Lean-технологій в системі бізнес- планування та економічного аналізу сучасного підприємства (на прикладі ПрАТ «Концерн-Хлібпром»). Причорноморські економічні студії. 2022. Випуск 74. С. 98–105.
2. Сокол, Є. Застосування інструментів Lean-мислення для релокації операторів ринку харчової продукції під час повномасштабного вторгнення / Є. Сокол, Б. Пащенко //Тренди LEAN-виробництва та пакування харчових продуктів : матеріали XIII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 17 вересня 2024 р. –Київ : НУХТ, 2024. С. 49–51.
3. Business Process Management, BPM. IT Enterprise. URL:[https://www.it.ua/knowledgebase/technologyinnovation/business-process-management-bpm?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.it.ua/knowledgebase/technologyinnovation/business-process-management-bpm?utm_source=chatgpt.com) (дата зверення: 01.09.2025).
4. Бізнес-процеси: що потрібно знати про BPM. Creator, 2022. URL: [https://creatorsystems.com/ua/news/ business-process\\_bazovi\\_poniattia\\_BPM?utm\\_source=chatgpt.com](https://creatorsystems.com/ua/news/ business-process_bazovi_poniattia_BPM?utm_source=chatgpt.com) (дата зверення: 01.09.2025).
5. Готельно-ресторанна справа: навчальний посібник для аудиторної та позааудиторної роботи студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 241 Готельно-ресторанна справа / автори: Матвійчук Л. Ю., Чепурда Л. М., Лютак О. М., Сидорук С. В., Смаль Б. А., Лепкий М. І., Подоляк В. М., Зубехіна Т. В, Громик О. М., Дащук Ю. Є. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2023. 356 с.

### Список публікацій за розділом 3.7

#### *Статті у закордонних виданнях та у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз*

1. Колісниченко Т. О. Функціональні характеристики управління ресторанним бізнесом в інноваційній економіці. Acta Academiae Beregsasiensis. Economics: наук. журн. Вип. 2(2022)/ редкол.: Р. Бачо, Н. Пойда-Носик, В.Макарович [та ін.]; Закарпат. угор. ін-т ім. Ф. Ракоці П. –Берегове :ЗУІ, 2022.– С. 42-46.
2. Колісниченко Т. О. Особливості управління готельно-ресторанним бізнесом в умовах воєнного стану. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання»: 23–24 березня 2023 року, м. Черкаси [Електронний ресурс]: у 2-х томах / М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1.– Черкаси : ЧДТУ, 2023. – С. 96-97.
3. Колісниченко Т.О., Кюрчева Ю.С., Ангеловська А.О. Основні переваги та впровадження новітніх технологій автоматизації в готельно-ресторанного бізнесуІнновації, гостинність, туризм: наука, освіта, практика: зб. тез доп. III Всеукр. наук.-практ. конф. мол. учених, асп. і студ. з міжнародною участю (18 травня 2023 року, м. Львів). – Львів : ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2023. – С.131 -134.
4. Колісниченко Т. О., Шеховцова Д. С. Інноваційні технології сервісних процесів у закладах ресторанного господарства. Матеріали X всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти за підсумками наукових досліджень 2022 року. Факультет агротехнологій та екології (5-20 лютого 2023 р., Запоріжжя) / Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного; відпов. за вип. В. П. Скиба. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. – С.160-161.
5. Колісниченко Т. О. Специфічні особливості сервісної практики менеджменту послуг у підприємствах ресторанного господарства. Тези доповідей «Гостинність, сервіс, туризм: досвід, проблеми, інновації» X Міжнародна науково-практична конференція, 6 – 7 квітня 2023., м. Київ. – К.: КУК, 2023р. – С.344-347.
6. Колісниченко Т., Кюрчева Л. Фудпейринг – інноваційний напрямок в технології продукції ресторанного господарства. Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності : зб. тез доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (12 жовтня 2023 року, м. Львів). – Львів : ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2023. С. – 74-77.
7. Колісниченко Т. О., Кюрчева Л. М., Івашина Л. Л. Впровадження lean-технологій у процеси управління якістю на підприємствах готельно-ресторанного бізнесу. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання»: 10–12 вересня 2025 року, м. Черкаси [Електронний ресурс]: у 2-х томах / МОН України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1.– Черкаси : ЧДТУ, 2025., С.49-52.
8. Івашина Л. Л., Колісниченко Т. О. Оптимізація раціону військовослужбовців у процесі відновлення після травм опорно-рухового апарату. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та

готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання»: 10–12 вересня 2025 року, м. Черкаси [Електронний ресурс]: у 2-х томах / МОН України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1.– Черкаси : ЧДТУ, 2025., С.111-114.

9. Колісниченко Т.О., Кюрчева Л.М. Структурні особливості державного регулювання якості харчових продуктів в Україні. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: Збірник праць за підсумками XIII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів (м. Київ, 10 квітня 2025 р. – 11 квітня 2025 р.). – К. : РВВ НУБіП України, 2025. С. 442-444. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/rich\\_text\\_files/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%8C.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/rich_text_files/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%8C.pdf)