

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ
СПРАВИ

«Допущено до захисту»
протокол засідання кафедри
№ 7 від « 30 » 02 2026 року
Зав. кафедрою ХТГРС
д.т.н, професор _____ Олеся ПРИСС

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СВО «Магістр»
за освітньо-професійною програмою «Індустрія здорового харчування»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(освітній ступень, ОПП, спеціальність)

на тему: **Розробка технології сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини**

23ХТД. 6546839.02.26

Виконав: <u>студент</u>	<u>22 Мб ХТ групи</u>	(підпис)	Олексій ТЕРЛЕЦЬКИЙ	(прізвище та ініціали)
Керівник:	<u>к.т.н. доцент</u>	(підпис)	Тетяна КОЛІСНИЧЕНКО	(прізвище та ініціали)
	(науковий ступінь, вчене звання)			
Консультант з ОП:	<u>к.т.н., доцент</u>	(підпис)	Михайло ЗОРЯ	(прізвище та ініціали)
	(науковий ступінь, вчене звання)			
Нормоконтроль	<u>к.-с.г.н., доцент</u>	(підпис)	Людмила КЮРЧЕВА	(прізвище та ініціали)
	(науковий ступінь, вчене звання)			

Запоріжжя – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології

Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи
(назва кафедри)

Ступінь вищої освіти Магістр

Галузь знань 18 «Виробництво та технології»
(шифр і назва)

Спеціальність 181 «Харчові технології»
(шифр і назва)

Освітня програма «Індустрія здорового харчування»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ХТГРС
д.т.н., професор Оlesia Прісс
(підпис)(ініціали та прізвище)

« » вересня 2025 р

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Терлецькому Олексію Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології сорбету антиоксидантної дії на основі
плодово-ягідної сировини

керівник роботи к.т.н., доцент Колісниченко Тетяна Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 24 » жовтня 2025 р. № 573-С__

2. Строк подання студентом роботи «20» січня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи ягідна, фруктова сировина, цукрозамінники,
класична технологія виробництва сорбетів з рослинної сировини

4. Перелік питань, які потрібно розробити вступ, аналітичний огляд
літератури; об'єкти, методика та умови проведення досліджень; результати
досліджень та їх узагальнення, технологічна частина, SWOT-аналіз впровадження
розробленої технології, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях,
висновки, список літературних джерел

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Вступ	вересень	виконано
Аналітичний огляд літератури	жовтень	виконано
Об'єкти, методика та умови проведення досліджень	жовтень	виконано
Результати досліджень та їх узагальнення	листопад	виконано
Технологічна частина	листопад	виконано
SWOT-аналіз впровадження нової технології	грудень	виконано
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	грудень	виконано
Висновки	січень	виконано
Список використаної літератури	січень	виконано

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Терлецький О. О.

(ініціали та прізвище)

Колісниченко Т. О.

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Терлецький О.О. Розробка технології сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини. – Кваліфікаційна робота. Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2026.

Текст викладений на 91 сторінках, містить 6 розділів, 17 таблиць, 8 рисунків, 70 літературних джерел.

Роботу присвячено розробці технології сорбетів антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини з використанням рослинних настоїв і альтернативних систем солодкості. Обґрунтовано доцільність поєднання купажів ягід і фруктів з трав'яними настоями як функціональними компонентами водної фази заморожених десертів. Розроблено експериментальну схему рецептур сорбетів із фіксованим вмістом плодово-ягідного пюре (50 %), варіюванням його купажного складу та виду рослинного настою, а також заміною сахарози на комбіновану систему підсолоджувачів (еритритол, інулін, полідекстроза, стевія). Установлено закономірності впливу рецептурних і технологічних чинників на фізико-хімічні, структурні, антиоксидантні та органолептичні властивості сорбетів. Показано, що використання багатокомпонентної альтернативної системи солодкості дозволяє суттєво знизити вміст цукрів і енергетичну цінність продукту при збереженні стабільної структури, низького глікемічного індексу та високих споживчих характеристик. Доведено підвищений вміст фенольних речовин і аскорбінової кислоти в експериментальних зразках, що підтверджує їх антиоксидантну спрямованість. Проведений SWOT-аналіз засвідчив конкурентоспроможність і практичну перспективність розробленої технології. У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях обґрунтовано комплекс заходів із забезпечення безпечних умов виробництва з урахуванням сучасних реалій України.

Ключові слова: сорбет, антиоксидантні властивості, плодово-ягідна сировина, трав'яні настої, цукрозамінники.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА СОРБЕТІВ	
АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ	12
1.1 Плодово-ягідна сировина як джерело природних антиоксидантів.....	12
1.2 Технологічні особливості заморожених десертів типу сорбет.....	17
1.3 Вплив цукрів і підсолоджувальних систем на структуру та якість сорбетів	20
1.4 Використання лікарських і пряно-ароматичних рослин у функціональних десертах.....	23
Висновки до розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ	
ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
2.1 Програма досліджень та схема дослідів.....	26
2.2 Об'єкти та матеріали досліджень	30
2.3 Методика проведення досліджень.....	36
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ.....	
3.1 Дослідження фізико-хімічних показників суміші для виробництва сорбету до фризювання.....	41
3.2 Дослідження фізико-хімічних показників сорбету антиоксидантної дії.....	44
3.3 Дослідження структурно-реологічних показників сорбету.....	46
3.4 Характеристика антиоксидантних властивостей сорбету.....	47
3.5 Розрахунок енергетичної цінності та глікемічного індексу сорбету.....	49
3.6 Органолептична оцінка зразків сорбету антиоксидантної дії	53
Висновки до розділу 3.....	57
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	
4.1 Класична технологія виробництва сорбетів у виробничих умовах.....	59
4.2 Розробка технології сорбету антиоксидантної дії на основі плодово- ягідної сировини	60

Висновок до розділу 4.....	64
РОЗДІЛ 5. SWOT-АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СОРБЕТУ АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ.	66
Висновок до розділу 5.....	70
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	72
6.1 Нормативно-правова база з охорони праці при виробництві сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини.....	72
6.2 Вимоги до території підприємства та облаштування споруд і приміщень при виробництві сорбетів	74
6.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів і заходи, щодо оптимізації умов праці при виробництві сорбетів.....	75
6.4 Засоби індивідуального захисту при виробництві сорбетів.....	77
6.5 Пожежна безпека та заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях.....	79
Висновки до розділу 6.....	81
Висновки	82
Список використаної літератури.....	84

ВСТУП

Упродовж останніх десятиліть харчова наука демонструє стійку тенденцію до розширення асортименту функціональних продуктів, спрямованих на профілактику оксидативного стресу та асоційованих із ним неінфекційних захворювань. Одним із ключових напрямів у цьому контексті є використання природних антиоксидантів рослинного походження, зокрема поліфенольних сполук, антоціанів, фенольних кислот і вітаміну С, які відіграють важливу роль у нейтралізації вільних радикалів та підтриманні антиоксидантного статусу організму [1]. Плодово-ягідна сировина розглядається як одне з найперспективніших джерел цих сполук, що зумовлює активні дослідження можливостей її використання у складі продуктів повсякденного споживання з підвищеною біологічною цінністю [2].

Серед різноманітних форм харчових продуктів особливий інтерес викликають заморожені десерти, зокрема сорбети, які поєднують високу частку рослинної сировини, відсутність молочних жирів та відносно м'які умови термічної обробки [3]. Заморожування, за умови правильно підібраної рецептури та технологічних режимів, дозволяє зберігати значну частину біоактивних компонентів, а також забезпечувати стабільність кольору й ароматичного профілю продукту протягом зберігання. Наукові дослідження останніх років підтверджують, що сорбети на основі ягід і фруктів можуть демонструвати високі показники антиоксидантної активності та розглядатися не лише як десерт, а і як елемент функціонального харчування [2].

Водночас традиційні рецептури сорбетів характеризуються значним умістом доданих цукрів, насамперед сахарози, що суперечить сучасним рекомендаціям щодо зниження споживання простих вуглеводів [4]. Ускладнення полягає в тому, що цукор у заморожених десертах виконує багатofункціональну роль, впливаючи не лише на солодкість, а й на криоскопічні властивості, формування структури, текстуру та характер танення продукту. Саме тому повна або часткова заміна сахарози є складним технологічним завданням, яке потребує застосування

комбінованих підсолоджувальних систем та структуроутворювальних компонентів, здатних відтворити її технологічні функції без негативного впливу на якість продукту .

Окрему наукову зацікавленість становить поєднання різних видів плодово-ягідної сировини з лікарськими та пряно-ароматичними рослинами, багатими на поліфенольні сполуки. Такі композиції дозволяють не лише розширити антиоксидантний спектр продукту, а й цілеспрямовано регулювати сенсорні характеристики, формуючи збалансований смак і аромат без застосування синтетичних добавок. Сучасні дослідження підтверджують, що трав'яні настої можуть ефективно інтегруватися у водну фазу заморожених десертів, підсилюючи їх функціональні властивості за мінімального впливу на структуру .

У цьому зв'язку актуальним є науково обґрунтований пошук технологічних рішень для створення сорбетів антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини з пониженим умістом доданих цукрів, які поєднували б високу біологічну цінність, стабільні структурно-механічні властивості та привабливі органолептичні характеристики. Реалізація такого підходу відповідає сучасним тенденціям функціонального харчування та має важливе прикладне значення для розвитку асортименту оздоровчих заморожених десертів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, представлені у даній роботі, проведено в рамках виконання науково-дослідної програми «Розроблення інноваційних технологій харчової та кулінарної продукції», що має державний реєстраційний номер 0121U110200.

Мета і задачі досліджень. Метою дослідження є розробка технології сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини шляхом формування збалансованих купажів пюре та впровадження натуральних підсолоджувальних систем.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішення таких **задач:**

- проаналізувати наукові публікації та сучасні тенденції у сфері функціональних заморожених десертів з метою обґрунтування доцільності

використання плодово-ягідної сировини, рослинних настоїв і альтернативних систем солодкості для створення сорбетів антиоксидантної дії;

- розробити експериментальну схему рецептур сорбетів;
- дослідити вплив багатокомпонентної альтернативної системи солодкості на вміст цукрів, в'язкість і кислотні характеристики сорбетних сумішей;
- оцінити зміни фізико-хімічних показників сорбетів після фризювання;
- визначити структурно-механічні характеристики готових сорбетів;
- дослідити антиоксидантні властивості сорбетів;
- розрахувати та порівняти енергетичну цінність контрольних і експериментальних зразків сорбетів;
- оцінити глікемічний індекс розроблених сорбетів;
- провести органолептичну оцінку сорбетів і визначити вплив заміни сахарози на альтернативну систему солодкості на сенсорні властивості продукту;
- розробити технологічну схему виробництва сорбету антиоксидантної дії з регламентованими режимами основних технологічних операцій, придатну для промислової реалізації;
- провести SWOT-аналіз розробленої технології з метою оцінки її конкурентоспроможності, практичної перспективності та можливостей впровадження;
- проаналізувати умови охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту при виробництві сорбетів і обґрунтувати комплекс заходів щодо мінімізації ризиків для персоналу в умовах штатної роботи та надзвичайних ситуацій.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва заморожених десертів типу сорбет на основі плодово-ягідної сировини з підвищеним вмістом природних антиоксидантів.

Предметом дослідження є закономірності формування фізико-хімічних, структурно-механічних, сенсорних і антиоксидантних властивостей сорбетів

залежно від складу плодово-ягідної основи, використання трав'яних настоїв та типу підсолоджувальної системи в рецептурі.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в експериментальному підтвердженні можливості створення сорбетів антиоксидантної дії на основі купажів плодово-ягідної сировини з використанням рослинних настоїв і багатокомпонентної альтернативної системи солодкості без застосування сахарози. Уперше встановлено, що заміна сахарози на суміш еритритолу, інуліну, полідекстрази та стевії дозволяє знизити вміст цукрів у 2,9 рази при одночасному підвищенні в'язкості сорбетних сумішей на 56–62 % без істотних змін кислотних характеристик системи. Показано взаємозв'язок між складом плодово-ягідного купажу, типом рослинного настою та структурною стабільністю сорбетів після фризерування, а також експериментально доведено збереження підвищеного вмісту фенольних речовин (до 402 мг/100 г) і аскорбінової кислоти (до 41,2 мг/100 г) у готовому продукті.

Практичне значення роботи полягає в розробленні рецептур і технологічної схеми виробництва сорбетів антиоксидантної дії з пониженим умістом доданих цукрів, придатних для впровадження в закладах ресторанного господарства та на малих харчових підприємствах. Отримані експериментальні дані дозволяють обґрунтовано добирати склад плодово-ягідних купажів, види рослинних настоїв і системи солодкості для забезпечення стабільних фізико-хімічних, структурних і органолептичних показників готового продукту. Результати роботи можуть бути використані під час створення нових видів функціональних заморожених десертів, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців у галузі харчових технологій.

Методи дослідження. Методологічну основу дослідження становив комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, спрямованих на обґрунтування технологічних рішень та оцінювання їх ефективності при створенні сорбетів антиоксидантної дії. На теоретичному етапі застосовували методи аналізу й синтезу, систематизації та узагальнення наукових джерел, а також логічні методи індукції та дедукції для формування наукової концепції дослідження. У процесі

експериментальної роботи використовували методи лабораторного моделювання технологічного процесу, варіаційного аналізу рецептурного складу та порівняльної оцінки контрольних і експериментальних зразків. Для інтерпретації отриманих результатів застосовували методи порівняльного аналізу та причинно-наслідкового узагальнення, що дозволило встановити закономірності впливу рецептурних і технологічних чинників на властивості сорбетів. Оцінювання якості та споживчих властивостей продукту здійснювали з використанням сенсорного аналізу, а обґрунтування практичної доцільності розробленої технології – шляхом застосування методу стратегічного аналізу. Статистичну обробку результатів досліджень виконували методами математичної статистики з метою забезпечення достовірності та відтворюваності експериментальних даних.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА СОРБЕТІВ АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ

1.1 Плодово-ягідна сировина як джерело природних антиоксидантів

Плодово-ягідна сировина розглядається сучасною харчовою наукою як одна з найперспективніших основ для створення продуктів із підвищеною біологічною цінністю, оскільки в її складі природно поєднуються сенсорна привабливість, висока концентрація фітонутрієнтів і широкий спектр антиоксидантних сполук, здатних модулювати процеси оксидативного стресу. У контексті профілактичного та оздоровчого харчування особливе значення мають поліфеноли, зокрема антоціани, флавоноли, флаван-3-оли, фенольні кислоти та похідні елагової кислоти, які формують значну частину антиоксидантної активності ягід і низки фруктів, а також впливають на запальні й метаболічні шляхи, що пов'язують харчування з ризиками неінфекційних захворювань. Сучасні оглядові роботи підкреслюють, що антиоксидантний потенціал антоціанів реалізується не лише через «пряме» поглинання активних форм кисню, а й через клітинні механізми регуляції окисно-відновних процесів та взаємодію з сигнальними шляхами, що важливо для інтерпретації функціональності харчових продуктів, збагачених антоціановою сировиною [5].

Біохімічний профіль антиоксидантів у плодах і ягодах визначається видовими й сортовими особливостями, агрокліматичними умовами, ступенем стиглості та післязбиральними процесами, що зумовлює суттєві коливання вмісту поліфенолів навіть у межах одного ботанічного виду [6-10]. Саме тому в сучасній технології функціональних продуктів все частіше обґрунтовується підхід не «моносировини», а композиційного поєднання декількох плодово-ягідних компонентів із комплементарним поліфенольним спектром, що дозволяє одночасно підсилювати антиоксидантну активність і формувати гармонійний

сенсорний профіль. Узагальнення щодо ягід як харчового об'єкта, їх фітонутрієнтної цінності та технологій переробки й створення продуктів на їх основі представлені у профільних оглядах з харчової науки, де підкреслюється, що ефект «ягід як їжі» формується взаємодією біоактивних речовин, клітковини, органічних кислот та мікроелементів, а також тим, як саме ці компоненти «вбудовані» у харчову систему [11].

Серед ягід помірного клімату окрему увагу привертає чорна смородина (*Ribes nigrum L.*), яка традиційно асоціюється з високим вмістом антоціанів, а також інших фенольних сполук, що робить її одним із найсильніших «антоціанових донорів» у рецептурах функціональних десертів. Дані досліджень, присвячених антоціановому профілю чорної смородини, демонструють домінування рутинозидів та глюкозиду ціанідину й підкреслюють технологічну цінність стабільного «ядра» антоціанового складу для прогнозування кольору й антиоксидантної активності продуктів переробки [12]. Паралельно роботи, що аналізують фенольний склад і антиоксидантну здатність смородини та підходи до виділення фенольних фракцій, підтверджують її перспективність як функціонального інгредієнта і як джерела антиоксидантів, придатних для різних харчових систем, включно із замороженими десертами [13].

Не менш важливим компонентом з високим вмістом фенолів є аронія (*Aronia melanocarpa*), яка вирізняється надзвичайно високою концентрацією поліфенолів, у тому числі антоціанів, проантоціанідинів і фенольних кислот, що забезпечує виражену антиоксидантну активність і робить аронію стратегічною сировиною для функціональних рецептур, де потрібна висока концентрація біоактивних сполук у відносно невеликій частці внесення. Сучасні огляди систематизують дані щодо функціонального потенціалу аронії, включно з антиоксидантними й протизапальними ефектами, а також підкреслюють важливість технологічних рішень, спрямованих на збереження поліфенольного комплексу та підвищення біодоступності сполук [14]. Для харчових продуктів це означає, що використання аронії потребує одночасного вирішення двох задач: з одного боку – максимальне збереження поліфенолів, з іншого – сенсорне балансування терпкості та в'язкості,

притаманних сировині з високим вмістом конденсованих танінів, що особливо актуально для десертних систем.

Ягоди роду *Rubus* – малина та ожина – формують інший функціональний «вектор», оскільки поряд з антоціанами значну роль у їх антиоксидантній активності відіграють елаготаніни та елагова кислота, а також фенольні кислоти й флавоноли, що збагачують антиоксидантний спектр композицій і розширюють потенційну біологічну дію продукту. Дослідження, присвячені оцінюванню фенольного складу ожини на рівні сортів, підкреслюють істотні варіації у профілях фенольних сполук та демонструють, що саме добір сировини й купажування можуть бути ключем до стабільної якості кінцевого продукту [15]. Додатково, роботи з оцінювання антиоксидантного потенціалу компонентів рослинної сировини, пов'язаних із малиною та ожиною, включно з дослідженнями біодоступності поліфенолів під час імітованого травлення, підкреслюють, що антиоксидантні властивості продукту не є лише хімічним показником у пробірці, а залежить від системи та процесів вивільнення й трансформації сполук [16].

Окрему групу «фруктових» антиоксидантних донорів становлять кісточкові, насамперед вишня (*Prunus cerasus*), де поліфенольний комплекс включає антоціани, гідроксикоричні кислоти та флавоноли, а також сполуки, які пов'язують із протизапальними ефектами та зменшенням маркерів оксидативного стресу в різних моделях. Сучасні оглядові публікації, присвячені вишні, акцентують на складі поліфенолів і спектрі біологічних ефектів, а також на важливості форми продукту для реалізації потенціалу біоактивних сполук [17]. Для технології сорбетів це важливо тим, що вишня може бути не лише «смаковим» компонентом купажу, а й джерелом кислотно-поліфенольного профілю, який здатний стабілізувати колір антоціанів у суміші та підвищувати загальну антиоксидантну активність композиції [18].

Показовим прикладом «поліфенольного концентрату» у фруктовому сегменті є гранат, у якому антиоксидантну активність значною мірою визначають елаготаніни та похідні елагової кислоти; при цьому найвищі концентрації фенольних сполук часто локалізуються у шкірці та побічних продуктах переробки,

що формує додаткові технологічні можливості. Сучасні огляди щодо біоактивних сполук гранатової шкірки докладно узагальнюють склад, біологічні властивості та харчові застосування, а також підкреслюють, що саме елаготанінова природа фенольного комплексу граната зумовлює його високу антиоксидантну здатність і технологічний інтерес для продуктів, орієнтованих на функціональність [19]. Водночас дослідження змін поліфенолів у процесах біотрансформації демонструють, що антиоксидантні характеристики гранатових фракцій можуть істотно модифікуватися залежно від технологічних сценаріїв, що є важливим для коректного вибору способів підготовки сировини [20].

Обґрунтування вибору плодово-ягідної сировини як функціональної основи неможливе без урахування ролі заморожування як методу консервування та способу «стабілізації» якості. На відміну від термічної обробки, яка часто інтенсифікує деградацію антоціанів і вітаміну С, низькотемпературне зберігання здатне суттєво уповільнювати окисні та ферментативні процеси, однак технологічний ефект заморожування не є нейтральним: формування й ріст кристалів льоду, механічне пошкодження тканин, локальні концентраційні ефекти в незамерзаючій фазі та активність залишкових ферментів можуть спричинити втрати біоактивних речовин, зміни кольору та смаку [21]. Узагальнюючі роботи з технології заморожування плодів і овочів демонструють, що зміни загального вмісту поліфенолів та антиоксидантної активності під час заморожування та подальшого зберігання залежать від виду сировини, швидкості заморожування, температури і тривалості зберігання, а також від застосування кріопротекторів [22]. У цьому контексті сорбет як технологічна система є особливо цікавим об'єктом, тому що поєднує високу частку водної фази з дисперсною структурою, а отже контроль кристалізації та незамерзаючої фази стає визначальним не лише для текстури, а й для збереження сенсорного профілю та антиоксидантних компонентів упродовж зберігання.

Антиоксидантний потенціал плодово-ягідної сировини у готовому продукті визначається не тільки початковим складом, а й взаємодією поліфенольних сполук із іншими компонентами харчової системи. Для сорбетів критичною є взаємодія

поліфенолів з пектиновими речовинами, клітковиною та стабілізаторами, яка може змінювати в'язкість, водоутримувальну здатність та характер танення, одночасно впливаючи на вивільнення біоактивних сполук. У сучасних підходах до розроблення функціональних продуктів підкреслюється, що ефективність біоактивних сполук у харчовій матриці залежить від способу переробки, дисперсності, ступеня зв'язування з полісахаридами й білками, а також від перетворень у травному тракті; саме тому оцінювання функціональності потребує поєднання хімічних, технологічних та біологічно орієнтованих критеріїв [23].

З технологічної точки зору значний інтерес для сорбетів становить поєднання ягід і плодів з різним типом кислотності та поліфенольного профілю, оскільки органічні кислоти та рН середовища впливають як на сенсорні властивості, так і на стабільність антоціанів, які відомі рН-залежними перетвореннями форм та кольору. У практиці розроблення рецептур це означає, що купажування, наприклад, чорної смородини або аронії з вишнею чи гранатом може виконувати подвійне завдання: підвищувати антиоксидантний потенціал і стабілізувати колір у кислій зоні, що технологічно сприятливо для ягідних сорбетів. Одночасно купажування дозволяє керувати терпкістю та гірчинкою, властивими концентрованим поліфенольним джерелам, завдяки введенню фруктів з м'якшим смаковим профілем та іншою ароматичною композицією [24].

Паралельно з добором сировини дуже важливим є розуміння, що реальний функціональний ефект харчового продукту формується також через його споживчі властивості: продукт, який має високі показники антиоксидантної активності, але низьку сенсорну прийнятність, не виконує прикладної функції в раціоні. Саме тому сучасні огляди, присвячені плодам та ягодам як харчовим продуктам і їх технологіям переробки, послідовно підкреслюють необхідність балансу між біологічною цінністю та смаковими якостями – тобто між концентрацією функціональних компонентів і сенсорним комфортом. У межах цієї логіки заморожені десерти типу сорбет мають додаткову перевагу: низька температура подачі зменшує суб'єктивну інтенсивність терпкості й кислотності, а отже дозволяє

вводити поліфенольні компоненти у вищих частках, ніж у напоях чи неохолоджених десертах, не руйнуючи сенсорний профіль [11].

Нарешті, сучасний контекст розроблення антиоксидантних сорбетів не можна відокремлювати від тенденції зниження споживання доданих цукрів, адже традиційні заморожені десерти часто містять значну частку сахарози. Утім, у таких системах цукор виконує не лише смакову функцію, а визначає кріоскопічні властивості, структуру незамерзаючої фази та характер кристалізації льоду, що впливає на пластичність і танення. Тому використання плодово-ягідної сировини з високим антиоксидантним потенціалом у сорбетах має розглядатися в комплексі з технологічними рішеннями, які забезпечують структурну стабільність, контроль кристалізації та прогнозовані органолептичні властивості [22]. Саме таке поєднання – високополіфенольна плодово-ягідна основа, раціональне купажування та технологічний контроль низькотемпературної системи – формує наукові передумови для створення сорбетів антиоксидантної дії як функціональних продуктів із практично значущими споживчими характеристиками.

1.2 Технологічні особливості заморожених десертів типу сорбет

Заморожені десерти рослинного походження займають специфічну нішу у класифікації холодних солодких продуктів, оскільки за своєю природою вони є водно-вуглеводними системами, що не містять молочних жирів і білків. У сучасній харчовій науці такі продукти об'єднують у групу заморожених десертів на водній основі, до якої належать сорбети, італійські льоди, фруктові льоди та споріднені десерти, виготовлені на основі води, плодово-ягідної сировини та підсолоджувальних компонентів. У межах цієї групи сорбет розглядається як заморожений десерт, основою якого є фруктове або ягідне пюре чи сік із додаванням води, цукру або його замінників та органічних кислот. На відміну від морозива й шербету, сорбет не містить жирової або білкової фази тваринного походження, що принципово впливає на механізми формування його структури та

визначає підвищену чутливість продукту до співвідношення води й сухих розчинних речовин, а також до режимів заморожування і зберігання [25].

У межах сучасної класифікації сорбетів простежується еволюція від традиційних рецептур, заснованих на використанні сахарози як основного підсолоджувача, до модифікованих і функціональних варіантів, що характеризуються зниженим умістом доданих цукрів, застосуванням альтернативних підсолоджувальних систем, харчових волокон, стабілізаторів та біологічно активних інгредієнтів рослинного походження. Такі сорбети розглядаються не лише як десертні продукти, а як харчові системи з потенційною оздоровчою дією, здатні слугувати носіями поліфенолів, антоціанів, пребіотиків та інших функціональних сполук. Подібний підхід відображає сучасні тенденції розвитку ринку заморожених десертів і водночас ускладнює технологічне проектування продукту, оскільки поєднання функціональності зі стабільною текстурою потребує точного контролю рецептури й процесів [26].

З технологічної точки зору сорбет є багатофазною системою з домінуванням водної фази, в якій у процесі заморожування формується складна дисперсна структура, що складається з кристалів льоду, незамерзаючої концентрованої рідкої фази та включень повітря. Високий уміст води, який у більшості рецептур перевищує 60 – 70 %, зумовлює основні технологічні виклики, пов'язані з контролем кристалізації льоду та забезпеченням стабільної текстури. На відміну від молочних заморожених десертів, де жири й білки формують емульсійно-повітряну структуру, у сорбетах стабілізація системи досягається переважно за рахунок розчинених цукрів, органічних кислот і гідроколоїдів, які регулюють в'язкість суміші та стан незамерзаючої фази [27].

Формування структури сорбету визначається комплексною роллю його основних компонентів. Вода є головною фазою, що зазнає фазового переходу під час заморожування, тоді як цукри та підсолоджувачі понижують температуру замерзання системи, збільшують частку незамерзаючої фази та безпосередньо впливають на твердість, пластичність і швидкість танення продукту. Органічні кислоти виконують подвійну функцію: формують характерний кисло-солодкий

смак і стабілізують колір антоціанів у ягідних сорбетах, а також впливають на заряд і взаємодію пектинових речовин. Стабілізатори та харчові волокна, зокрема пектин, гуарова камедь або полідекстроза, відіграють ключову роль у зв'язуванні води, обмеженні росту кристалів льоду та підвищенні стійкості структури під час зберігання, що підтверджується сучасними експериментальними дослідженнями заморожених десертів рослинного походження [28].

Процес заморожування є визначальним етапом формування фізико-хімічних і органолептичних властивостей сорбету. Швидкість заморожування та температурний режим безпосередньо впливають на розмір і морфологію кристалів льоду: швидке заморожування сприяє утворенню дрібнокристалічної структури з більш однорідною текстурою, тоді як повільне заморожування призводить до формування великих кристалів. Додатково температурні коливання під час зберігання можуть викликати рекристалізацію льоду й втрату якості продукту, що особливо критично для систем із високим вмістом води, до яких належать сорбети [29].

Органолептичні властивості сорбетів, включаючи смак, аромат, консистенцію та характер танення, є результатом інтегрованого впливу рецептурних компонентів і технологічних параметрів. Вміст повітря, розмір кристалів льоду та склад незамерзаючої фази визначають сприйняття «тіла» продукту споживачем і його загальну прийнятність. Дослідження рослинних заморожених десертів показують, що висока вологоутримувальна здатність рослинних компонентів може ускладнювати рівномірний розподіл повітря та водної фази, що вимагає особливо точного технологічного контролю при розробленні сорбетів зі стабільною якістю [30].

Таким чином, технологічні особливості заморожених десертів типу сорбет визначаються їх класифікаційною належністю до рослинних систем із високим вмістом води, специфікою структури, роллю рецептурних компонентів і вкрай важливим впливом процесів заморожування. Сукупність цих факторів зумовлює необхідність науково обґрунтованого підходу до проектування сорбетів, особливо

у випадку створення продуктів функціонального призначення зі зниженим умістом цукрів та підвищеною біологічною цінністю.

1.3 Вплив цукрів і підсолоджувальних систем на структуру та якість сорбетів

У заморожених десертах на водній основі, зокрема сорбетах, цукри є не просто носіями солодкості, а основними технологічними агентами, що визначають фазовий стан води, перебіг кристалізації та механіку танення. У літературі підкреслюється, що сахароза формує «каркас» якості сорбету через кріоскопічний ефект, тобто здатність знижувати температуру замерзання, збільшуючи частку незамерзаючої фази й водночас регулюючи співвідношення між льодом та концентрованим розчином у матриці продукту; саме це обумовлює пластичність, гладкість і відсутність «крижаної» текстури [31]. Узагальнення щодо сорбетів як функціональної системи окремо наголошують: за відсутності жиру й молочних білків, які в морозиві додатково стабілізують структуру, сорбет значно більш залежний від балансу розчинних сухих речовин і коректної підсолоджувальної системи, оскільки саме вона визначає стан води та стабільність кристалічної фази при зберіганні [32].

Зниження вмісту доданих цукрів у сорбетах є технологічно складним завданням, тому що зменшення сахарози майже неминуче зміщує «льодову криву» системи, збільшує частку кристалізованої води за заданих температур і провокує укрупнення кристалів льоду, що проявляється зростанням твердості, грубішою текстурою та менш контрольованим таненням. Експериментальні роботи на модельних системах заморожених десертів демонструють, що саме тип і молекулярні характеристики кріопротекторів суттєво змінюють розмір кристалів льоду та пов'язані з цим фізичні властивості продукту. Додатково показано, що некоректна заміна сахарози може змінювати здатність утримувати повітря, стійкість до танення та загальне сенсорне сприйняття, тобто впливати не лише на структуру, а й на комплексну «якість» продукту [33].

У сучасних підходах до зниження доданих цукрів акцент зміщується від «однокомпонентної заміни» до конструювання підсолоджувальної системи як комбінації інгредієнтів із різними функціями: високо інтенсивні натуральні підсолоджувачі забезпечують відчуття солодкості при мізерній масовій частці, але не відтворюють технологічних функцій сахарози, тому їх поєднують із наповнювачами маси та структуроутворювачами. До таких компонентів належать інулін, полідекстроза, інші пребіотичні вуглеводи та харчові волокна, а також поліоли, які можуть частково відновлювати криоскопічний ефект і водночас впливати на в'язкість незамерзаючої фази. Огляд сучасних підсолоджувачів систематизує їхню технологічну поведінку, включно з впливом на глікемічність, смаковий профіль і застосовність у харчових системах [34]. У цьому ж контексті огляди щодо інуліну як гелеутворювача й текстурного модифікатора підкреслюють, що інулін здатний формувати структурні мережі, впливати на вологоутримання і тим самим покращувати текстурні характеристики у продуктах зі зниженим умістом цукру, якщо правильно підібрані концентрації та ступінь полімеризації [35].

Для сорбетів практично важливими є саме ті підходи, де одночасно вирішуються три задачі: відновлення рівня сухих речовин, забезпечення потрібного зниження точки замерзання та корекція сенсорного профілю. Емпіричні дослідження сорбетів із застосуванням інуліну, стевії та пектину показують, що комбінування «солодкого» компонента (стевіолглікозиди) з наповнювачем маси (інулін) та стабілізатором (пектин) дозволяє керувати в'язкістю суміші, твердістю й сенсорними характеристиками в напрямі наближення до контрольних зразків на сахарозі. Цінність таких результатів для технології сорбетів полягає в тому, що вони демонструють не тільки заміну цукру, а реальну реконструкцію структури через вплив на стан води та незамерзаючу фазу [36].

Окремого аналізу потребує роль стабілізаторів і гідроколоїдів як інструменту компенсації дефектів низькоцукрових рецептур. Підвищення в'язкості суміші та обмеження рухливості води знижує швидкість росту кристалів льоду і підвищує стійкість структури до термічних «шоків» під час зберігання, а отже прямо

пов'язане з якістю танення та відчуттям гладкості. Дослідження на сорбетах із використанням пектину, агар-агару та гуарової камеді показують, що тип і концентрація стабілізатора істотно впливають на фізико-хімічні, структурно-механічні та сенсорні показники, а оптимізація цих параметрів може проводитися методами математичного моделювання [37]. Паралельно оглядові й експериментальні роботи з харчових систем підтверджують, що гідроколоїди та волокна у заморожених десертах можуть виконувати функцію «структурного буфера», який покращує стійкість до танення та знижує ризик розвитку грубокристалічної структури при зберіганні [38].

Вплив альтернативних систем солодкості на текстуру, танення та сенсорні властивості є багатовимірним, оскільки зміна складу незамерзаючої фази впливає на теплофізичні параметри, кристалізацію й реологію, а через це – на сприйняття солодкості, кислотності та «тіла» продукту. На рівні практичних показників це проявляється змінами твердості, швидкості танення, вмісту повітря та характеру післясмаку. Дослідження зі зниженим сахарозним навантаженням демонструють, що саме підсолоджувальна система визначає відмінності у ступені насичення повітрям та стійкості до танення сорбетів, що безпосередньо впливає на їх текстурні та сенсорні характеристики [39]. Питання танення та його зв'язку зі структурою замороженої основи додатково підтверджується експериментальними даними, які показують, що режим зберігання та стан структури істотно віддзеркалюються у кривих танення й сенсорному сприйнятті продуктів типу замороженого десерту [40].

Важливо, що навіть дослідження, виконані на молочних системах, є методологічно релевантними для сорбетів у частині опису фундаментальних закономірностей «стан води → кристали льоду → текстура → танення», оскільки базові фізико-хімічні механізми в багатофазних заморожених системах є спільними, а відмінності зумовлені лише складом дисперсійного середовища та наявністю чи відсутністю жиру-білкової фази [41].

1.4 Використання лікарських і пряно-ароматичних рослин у функціональних десертах

Лікарські та пряно-ароматичні рослини здавна розглядаються як важливе джерело природних антиоксидантів, зокрема поліфенолів, флавоноїдів, фенольних кислот і летких сполук, що визначають їх біологічну активність і функціональну цінність. Сучасні дослідження підтверджують, що водні екстракти й настої таких рослин, як м'ята, чебрець, гібіскус, зелений чай та інші, характеризуються вираженою антиоксидантною здатністю, зумовленою наявністю розмаринової кислоти, катехинів, антоціанів і флавонолів, які ефективно нейтралізують вільні радикали та можуть підсилювати сумарну антиоксидантну активність харчових продуктів [42].

У контексті функціональних десертів рослинні настої розглядаються не лише як ароматичні компоненти, а і як м'які функціональні добавки, здатні інтегруватися у водну фазу продукту без істотного втручання у його структуроутворення.

Механізми взаємодії рослинних настоїв із плодово-ягідною основою ґрунтуються передусім на сумісності їх поліфенольних комплексів і водорозчинних компонентів. Фенольні сполуки трав можуть вступати у слабкі нековалентні взаємодії з пектиновими речовинами, харчовими волокнами та органічними кислотами плодово-ягідної сировини, що впливає на стабільність кольору, смаковий баланс і антиоксидантний профіль готового продукту. Дослідження харчових систем із комбінованими рослинними інгредієнтами свідчать, що такі взаємодії можуть мати синергічний характер, коли сумарна антиоксидантна активність продукту перевищує адитивний ефект окремих компонентів [43]. Для заморожених десертів це є особливо важливим, оскільки водна фаза слугує основним середовищем локалізації біоактивних сполук.

Перспективність використання трав'яних настоїв у складі заморожених десертів типу сорбет обумовлена їх технологічною зручністю та функціональною доцільністю. На відміну від концентрованих екстрактів або порошків, водні настої легко дозуються, не потребують додаткових розчинників і гармонійно

включаються до рецептур із високим умістом води. Наукові публікації, присвячені рослинним замороженим десертам, підкреслюють, що введення трав'яних настоїв дозволяє підвищити антиоксидантну активність і водночас сформувати складніші ароматичні профілі без істотного впливу на реологічні властивості суміші [44]. Крім того, низька температура подачі сорбетів знижує суб'єктивне сприйняття гіркоти та терпкості, що дозволяє використовувати рослинні компоненти з інтенсивнішим фенольним складом без погіршення сенсорної прийнятності.

Водночас інтеграція лікарських і пряно-ароматичних рослин у заморожені десерти супроводжується низкою технологічних обмежень і викликів. До них належать можливі втрати летких ароматичних сполук у процесі заморожування та зберігання, нестабільність окремих поліфенолів за змін рН і температури, а також ризик надмірного сенсорного домінування рослинного компоненту у разі некоректного дозування. Дослідження стабільності біоактивних сполук рослинних екстрактів у харчових системах свідчать, що для збереження функціональних властивостей необхідно оптимізувати концентрацію настою, кислотність середовища та режими заморожування [45]. Саме тому використання трав'яних настоїв у сорбетах потребує науково обґрунтованого підходу, який враховує як біохімічні, так і технологічні аспекти взаємодії рослинних компонентів із плодово-ягідною основою.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз наукових джерел свідчить, що заморожені десерти типу сорбет є перспективною харчовою системою для створення продуктів функціонального призначення з підвищеною антиоксидантною активністю. Високий уміст плодово-ягідної сировини та відсутність жирової і білкової фаз тваринного походження зумовлюють як значний потенціал біологічної цінності сорбетів, так і підвищені вимоги до контролю їх рецептури й технологічних параметрів, насамперед стану води та процесів кристалізації льоду.

2. Сучасні дослідження підтверджують доцільність використання купажів плодово-ягідної сировини для підвищення сумарної антиоксидантної активності сорбетів, оскільки поліфенольні сполуки визначають не лише функціональні, а й сенсорні властивості продуктів. Водночас ефективність біоактивних компонентів значною мірою залежить від складу харчової системи та умов заморожування і зберігання.
3. У літературі обґрунтовано ключову технологічну роль цукрів і підсолоджувальних систем у формуванні структури та характеру танення сорбетів. Зниження вмісту сахарози без адекватної компенсації призводить до погіршення текстури. Найбільш ефективним підходом визнано використання багатоконпонентних підсолоджувальних систем, здатних відтворювати функціональні властивості сахарози.
4. Перспективним напрямом є також застосування лікарських і пряно-ароматичних рослин у вигляді трав'яних настоїв як джерела природних антиоксидантів і ароматичних сполук, за умови оптимізації їх дозування та режимів заморожування.
5. Узагальнення літературних даних свідчить, що розробка сорбетів антиоксидантної дії потребує системного підходу, який поєднує раціональний добір сировини, оптимізацію підсолоджувальної системи та контроль технології, що обумовлює доцільність подальших експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма досліджень та схема дослідів

Робота присвячена розробці технології замороженого десерту типу сорбет антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини. Наукова концепція дослідження ґрунтується на системному підході до створення антиоксидантного сорбету як функціонального замороженого продукту, у якому поєднуються висока біологічна цінність плодово-ягідної сировини, технологічна стабільність структури та зниження вмісту легкозасвоюваних цукрів. Ключовою ідеєю роботи є доведення можливості повної заміни сахарози в рецептурі сорбету на натуральну багатокomпонентну підсолоджувальну систему без погіршення фізико-хімічних, структурно-механічних і сенсорних характеристик продукту за одночасного збереження або підвищення його антиоксидантної активності.

Концепція базується на гіпотезі про те, що функціональні властивості сорбету визначаються не лише кількісним вмістом біологічно активних речовин у плодово-ягідній сировині, а й характером взаємодії між антиоксидантними сполуками, водною фазою та системою солодкості, яка впливає на криоскопічні властивості суміші, формування кристалів льоду та кінетику танення готового продукту. У цьому контексті сахароза розглядається не тільки як підсолоджувач, а як багатofункціональний технологічний агент, і її заміна потребує комплексного підходу, що відтворює всі основні функції цукру в системі сорбету.

В основу схеми експериментальних досліджень (табл. 2.1) покладено попарне порівняння контрольних і дослідних зразків за ідентичного складу плодово-ягідної основи, трав'яного настою, кислотності та стабілізуючої системи. Такий підхід дає змогу ізолювати вплив єдиного дослідного фактора – типу системи солодкості – і об'єктивно оцінити його роль у формуванні структурних і функціональних властивостей сорбету. Контрольні зразки містять сахарозу як

традиційний компонент рецептури, тоді як у дослідних зразках застосовано натуральну багатокомпонентну підсолоджувальну систему на основі еритритолу, інуліну, полідекстрази та стевії, підібрану за принципом еквівалентності масової частки сухих речовин і кріопротекторної дії.

Особливе місце в концепції займає обґрунтований вибір плодово-ягідних купажів, сформованих з урахуванням різного домінування антоціанів, фенольних кислот, елагової кислоти та беталаїнів, що дозволяє дослідити вплив поліфенольного профілю сировини на сумарну антиоксидантну активність сорбетів. Доповнення купажів настоянками лікарських і пряно-ароматичних рослин розглядається як інструмент тонкого регулювання антиоксидантного потенціалу та сенсорного профілю без істотного втручання у структуроутворення, оскільки настої інтегруються у водну фазу суміші та не змінюють співвідношення основних компонентів рецептури.

Для проведення досліджень була розроблена програма, що наведена на рисунку 2.1, та схема дослідів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема експериментальних досліджень при розробці технології сорбету

Код зразка	Група	Купаж пюре (складники)	Трава (настій)	Система солодкості
К1	Контроль	чорна смородина + лохина + вишня	м'ята	сахароза
Е1	Дослід	чорна смородина + лохина + вишня	м'ята	еритритол + інулін + полідекстроза + стевія
К2	Контроль	аронія + чорна смородина + малина	гібіскус	сахароза
Е2	Дослід	аронія + чорна смородина + малина	гібіскус	еритритол + інулін + полідекстроза + стевія
К3	Контроль	гранат + вишня + лохина	зелений чай	сахароза
Е3	Дослід	гранат + вишня + лохина	зелений чай	еритритол + інулін + полідекстроза + стевія
К4	Контроль	ожина + груша + малина	чебрець	сахароза
Е4	Дослід	ожина + груша + малина	чебрець	еритритол + інулін + полідекстроза + стевія

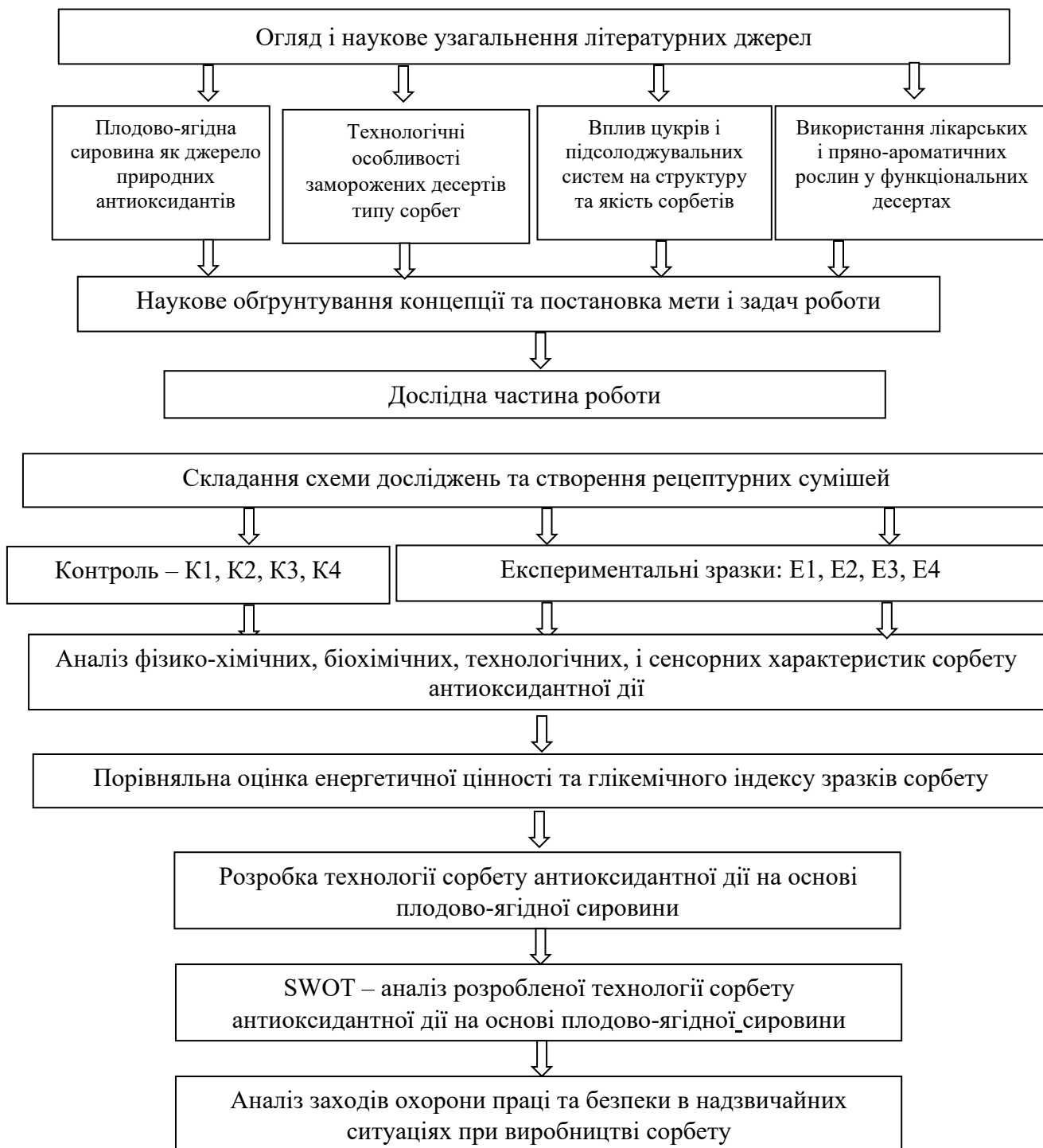


Рис. 2.1. Програма досліджень при розробці технології сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини.

На основі запропонованої схеми експериментальних досліджень було сформовано систему дослідних рецептур сорбету (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Дослідні рецептури сорбету антиоксидантної дії

Інгредієнт	C1	E1	C2	E2	C3	E3	C4	E4
ПЮРЕ (разом)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
чорна смородина	20,0	20,0	15,0	15,0	–	–	–	–
лохина	15,0	15,0	–	–	15,0	15,0	–	–
вишня	15,0	15,0	–	–	20,0	20,0	–	–
аронія	–	–	15,0	15,0	–	–	–	–
малина	–	–	20,0	20,0	–	–	20,0	20,0
гранат	–	–	–	–	15,0	15,0	–	–
ожина	–	–	–	–	–	–	15,0	15,0
груша	–	–	–	–	–	–	15,0	15,0
Настій трав	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
м'ята	5,0	5,0	–	–	–	–	–	–
гібіскус	–	–	5,0	5,0	–	–	–	–
зелений чай	–	–	–	–	5,0	5,0	–	–
чебрець	–	–	–	–	–	–	5,0	5,0
Сахароза	16,0	–	15,0	–	16,0	–	17,0	–
Еритритол	–	8,0	–	8,0	–	8,0	–	8,0
Інулін	–	4,0	–	4,0	–	4,0	–	4,0
Полідекстро́за	–	3,0	–	3,0	–	3,0	–	3,0
Стевія	–	0,03	–	0,03	–	0,03	–	0,03
Пектин яблучний	0,40	0,40	0,45	0,45	0,40	0,40	0,35	0,35
Лимонна кислота	0,15	0,15	0,20	0,20	0,15	0,15	0,10	0,10
Вода питна	28,45	29,42	29,35	30,32	28,45	29,42	27,55	28,52
РАЗОМ	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Рецептурні композиції сорбету сформовано з постійною масовою часткою плодово-ягідного пюре (50 %) та трав'яного настою (5 %), при цьому варіація складу ягідно-фруктових купажів і типу підсолоджувальної системи (сахароза або комбінована система еритритол–інулін–полідекстро́за–стевія) дозволяє ізольовано оцінити вплив антиоксидантного профілю сировини та вуглеводного складу на структурно-механічні й сенсорні властивості сорбету.

2.2 Об'єкти та матеріали досліджень

Об'єктами дослідження у роботі є заморожені десерти типу сорбет на основі плодово-ягідної сировини з використанням трав'яних настоїв і різних підсолоджувальних систем, а також рецептурні суміші на окремих стадіях технологічного процесу їх виготовлення.

У якості базової ягідної сировини були використані чорна смородина, лохина, малина та ожина.

Хімічний склад даних ягід представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Хімічний склад ягідної сировини для виробництва сорбетів

Показник	Чорна смородина	Лохина	Малина	Ожина
Вода, г	81–83	84–86	85–87	87–88
Вуглеводи, г	13–15	13–15	11–12	9–10
– цукри, г	7–9	9–10	4–5	4–5
Харчові волокна, г	4,5–5,0	2,0–2,5	6,0–6,5	5,0–5,5
Білки, г	1,2–1,4	0,6–0,8	1,2–1,5	1,3–1,5
Жири, г	0,3–0,5	0,2–0,4	0,6–0,7	0,4–0,5
Органічні кислоти, г	2,5–3,5	0,5–1,0	1,5–2,0	1,2–1,6
Зольні речовини, г	0,8–1,0	0,3–0,4	0,6–0,7	0,5–0,6
Вітамінний склад				
Вітамін С, мг	150–300	8–12	25–30	20–25
Вітамін А (β-каротин), мкг	200–250	30–50	30–40	15–20
Вітамін Е, мг	1,0–1,5	0,5–1,0	0,8–1,0	1,0–1,2
Вітамін К, мкг	10–15	15–20	7–10	18–20
Вітамін В1, мг	0,03–0,05	0,02–0,03	0,03–0,04	0,02–0,03
Вітамін В2, мг	0,03–0,05	0,03–0,04	0,04–0,05	0,02–0,04
Вітамін В6, мг	0,10–0,15	0,05–0,10	0,05–0,07	0,03–0,05
Фолати (В9), мкг	5–10	6–10	20–25	25–30
Мінеральний склад				
Калій, мг	300–370	70–80	150–170	160–180
Кальцій, мг	50–60	5–10	20–25	25–30
Магній, мг	20–25	5–7	20–25	20–25
Фосфор, мг	35–40	10–15	30–35	20–25
Залізо, мг	1,0–1,5	0,3–0,5	0,6–0,8	0,8–1,0
Марганець, мг	0,3–0,4	0,3–0,5	0,6–0,7	0,6–0,7

Цинк, мг	0,2–0,3	0,1–0,2	0,3–0,4	0,4–0,5
Біологічно активні сполуки				
Загальні поліфеноли, мг	400–600	300–450	250–350	300–500
Антоціани, мг	250–400	150–300	20–60	100–250
Флавоноли, мг	30–60	20–40	25–40	30–50

Наведені дані свідчать, що всі досліджувані ягоди характеризуються високим умістом води та вуглеводів, що робить їх технологічно придатними для виробництва заморожених десертів типу сорбет. Чорна смородина вирізняється найбільшим вмістом вітаміну С, органічних кислот і антоціанів, що обумовлює її високий антиоксидантний потенціал та інтенсивний кисло-терпкий смак. Лохина має більш помірний кислотний профіль і нижчий вміст органічних кислот, що сприяє формуванню збалансованих сенсорних властивостей у купажах. Малина та ожина характеризуються підвищеним умістом харчових волокон і значною кількістю фенольних сполук, що позитивно впливає як на функціональні властивості, так і на текстуру продукту. Сукупність наведених показників підтверджує доцільність використання купажів цих ягід для формування сорбетів з підвищеною антиоксидантною активністю та прогнозованими органолептичними характеристиками.

Відповідно до чинних в Україні національних стандартів [47 – 50], свіжі ягоди, повинні бути стиглими, свіжими, цілими, чистими, без сторонніх запахів і присмаків, характерними за формою та забарвленням для відповідного ботанічного виду. Не допускається наявність ознак мікробіологічного псування, плісняви, загнивання, механічних пошкоджень, а також ураження шкідниками. Масова частка недозрілих, перезрілих або пошкоджених ягід обмежується встановленими нормативами залежно від призначення продукції.

За фізико-хімічними показниками ягоди повинні відповідати нормативним значенням масової частки сухих розчинних речовин, титрованої кислотності та вмісту цукрів, які забезпечують характерний смак і технологічну придатність сировини. Вміст токсичних елементів, залишків пестицидів і радіонуклідів не повинен перевищувати гранично допустимі рівні, встановлені чинними

санітарними нормами та ДСТУ [47 – 50]. Ягоди, призначені для переробки, повинні транспортуватися і зберігатися з дотриманням температурних режимів, що запобігають втратам якості та біологічно активних речовин. Використання сировини, яка не відповідає вимогам стандартів, у виробництві харчових продуктів не допускається.

Окрім ягідної сировини, у рецептурах сорбету використано плодове компоненти – вишню, аронію, грушу та гранат, які істотно різняться за вмістом органічних кислот, цукрів і фенольних сполук, що дозволяє формувати як антиоксидантний потенціал, так і смако-ароматичний профіль замороженого десерту (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Хімічний склад плодової сировини для виробництва сорбетів

Показник	Вишня	Аронія	Груша	Гранат
Вода, г	82–84	78–80	83–85	76–78
Вуглеводи, г	11–12	9–10	14–15	16–18
– цукри, г	8–9	4–5	9–10	13–14
Харчові волокна, г	1,5–2,0	5,0–5,5	3,0–3,5	4,0–4,5
Білки, г	0,8–1,0	1,2–1,4	0,4–0,5	1,5–1,7
Жири, г	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3	1,0–1,2
Органічні кислоти, г	1,2–1,6	2,5–3,5	0,2–0,4	1,5–2,0
Зольні речовини, г	0,5–0,6	1,0–1,2	0,3–0,4	0,8–0,9
Вітаміни та мінерали (ключові)				
Вітамін С, мг	10–15	15–20	4–6	8–10
Калій, мг	170–180	150–160	120–130	230–250
Кальцій, мг	15–20	30–35	9–12	10–12
Магній, мг	10–12	20–25	7–10	12–15
Залізо, мг	0,3–0,5	1,5–2,0	0,2–0,3	0,3–0,4
Біологічно активні сполуки				
Загальні поліфеноли, мг	150–250	600–800	100–150	400–600
Антоціани, мг	50–150	300–500	сліди	30–60

Наведені дані свідчать, що плоди вишні та граната формують виражений кисло-солодкий смаковий профіль сорбетів і забезпечують достатній вміст розчинних сухих речовин, необхідних для стабільної структури замороженого продукту. Аронія характеризується найвищим вмістом харчових волокон і поліфенольних сполук, що обумовлює її винятково високий антиоксидантний

потенціал, але водночас потребує сенсорної корекції в купажах. Груша відзначається низькою кислотністю та м'яким вуглеводним профілем, що робить її ефективним компонентом для балансування смаку й текстури сорбетів.

Плоди вишні, аронії, груші та граната, що використовуються для виробництва сорбету, повинні відповідати вимогам чинних в Україні нормативних документів щодо якості та безпечності плодоовочевої продукції [51 – 54]. Сировина має бути стиглою, свіжою, цілою, чистою, без сторонніх запахів і присмаків, характерною за формою та забарвленням для відповідного ботанічного виду. Не допускається наявність ознак гнилі, плісняви, механічних пошкоджень і ураження шкідниками. За фізико-хімічними показниками плоди повинні відповідати нормативним значенням масової частки сухих розчинних речовин, титрованої кислотності та вмісту цукрів, що забезпечують їх технологічну придатність для переробки. Вміст токсичних елементів, залишків пестицидів і радіонуклідів не повинен перевищувати гранично допустимі рівні, встановлені санітарним законодавством України. З метою підвищення антиоксидантної активності та формування індивідуального аромато-смакового профілю сорбетів до складу рецептур введено лікарські та пряно-ароматичні рослини – м'яту, гібіскус, зелений чай і чебрець, які використовували у вигляді водних настоїв як функціональні рослинні компоненти. Хімічний склад у перерахунку на водний настій (1%) представлений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристика хімічного складу лікарських і пряно-ароматичних рослин (у перерахунку на водний настій, 1 %)

Показник	М'ята	Гібіскус	Зелений чай	Чебрець
Сухі речовини, %	0,8–1,0	0,9–1,1	0,7–0,9	0,8–1,0
Органічні кислоти, г/100 мл	0,05–0,10	0,15–0,30	0,02–0,05	0,05–0,10
Загальні поліфеноли, мг/100 мл	50–80	120–180	150–250	70–110
Флавоноїди, мг/100 мл	20–40	60–100	80–150	30–60
Антоціани, мг/100 мл	–	80–150	–	–

Порівняльна оцінка складу водних настоїв лікарських і пряно-ароматичних рослин свідчить про суттєві відмінності їх функціонального потенціалу. Зелений чай і гібіскус характеризуються найвищим вмістом поліфенольних сполук та антиоксидантною активністю, що зумовлює їх доцільність як основних джерел природних антиоксидантів у складі сорбетів. Гібіскус, крім того, забезпечує надходження антоціанів і формує інтенсивне забарвлення продукту. М'ята та чебрець відзначаються помірним поліфенольним профілем, але високим вмістом летких ароматичних сполук, що обумовлює їх значення передусім як ароматично-коригувальних компонентів. Таким чином, використання настоїв зазначених рослин у різних комбінаціях дозволяє регулювати антиоксидантні, сенсорні та кольорові характеристики сорбетів без істотного впливу на їх структурні властивості.

Якість і безпечність лікарської та пряно-ароматичної рослинної сировини оцінювали відповідно до загальних принципів відбору проб та визначення фізико-хімічних показників, викладених у міжнародних стандартах ISO та рекомендованих у Codex Alimentarius [55 – 58]. Рослинна сировина має бути доброякісною, висушеною або свіжою (залежно від виду), без сторонніх домішок, плісняви, ознак псування та нехарактерних запахів.

З метою зниження вмісту доданих цукрів у рецептурах сорбету та збереження необхідних структурно-механічних і сенсорних властивостей продукту у дослідженні використано комбінацію натуральних цукрозамінників і наповнювачів маси, зокрема еритритол, інουλін, полідекстрозу та високоінтенсивний підсолоджувач стевіолглікозидного походження (стевія). Їх хімічний склад і технологічні характеристики наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Хімічний склад і технологічні характеристики цукрозамінників

Показник	Сахароза	Еритритол	Інулін	Полідекстроза	Стевія (стевіолглікозиди)
Хімічна природа	дисахарид	цукровий спирт	фруктоолігосахарид	синтетичний полімер глюкози	глікозиди

Солодкість (відн. до сахарози)	1,0	0,6–0,7	0,1	0,1	200–300
Засвоювані вуглеводи, г	~100	0	0	0	0
Харчові волокна, г	0	0	≥90	≥90	0
Вплив на глікемію	високий	відсутній	низький	низький	відсутній
Кріоскопічний ефект	високий	помірний	відсутній	низький	відсутній
Структурна функція	обмежена	кристалізація	підвищення в'язкості	наповнювач маси	лише солодкість
Функціональна дія	–	осмотична	пребіотична	текстуроутворювальна	інтенсивна солодкість

Порівняльна характеристика цукрозамінників свідчить, що жоден з альтернативних підсолоджувачів не здатний повністю відтворити технологічні функції сахарози у заморожених десертах. Еритритол забезпечує зниження енергетичної цінності та частково впливає на кріоскопічні властивості суміші, однак характеризується нижчою солодкістю та специфічним ефектом охолодження. Інулін і полідекстроза не виконують солодкої функції, проте відіграють ключову роль як наповнювачі маси, підвищуючи в'язкість незамерзаючої фази та стабільність структури сорбету. Стевіолглікозиди забезпечують необхідний рівень солодкості за мінімальних концентрацій, але потребують поєднання з об'ємними компонентами для запобігання погіршенню текстури. Таким чином, використання багатоконпонентних підсолоджувальних систем є технологічно обґрунтованим підходом для створення сорбетів зі зниженим вмістом доданих цукрів.

Якість і безпечність цукрозамінників, що застосовуються у харчових продуктах, регламентується документами Codex Alimentarius [56 – 58]. Відповідно до вимог Codex, цукрозамінники повинні: мати чітко визначену хімічну ідентифікацію та встановлену чистоту; відповідати специфікаціям щодо масової частки основної речовини, вмісту вологи та зольності; не містити сторонніх домішок, токсичних елементів і залишків розчинників понад допустимі рівні; відповідати вимогам мікробіологічної безпечності; застосовуватися виключно у

дозволені категорії харчових продуктів і в межах встановлених максимально допустимих рівнів. Для високоінтенсивних підсолоджувачів, зокрема стевіолглікозидів, Codex встановлює також допустимі добові норми споживання (ADI), що повинні враховуватися під час розробки рецептур функціональних продуктів.

Всі додаткові інгредієнти рецептури, що були використані для приготування сорбету повинні відповідати вимогам чинних в Україні нормативних документів [59 – 61].

2.3 Методика проведення досліджень

Приготування дослідних зразків сорбетів здійснювали в лабораторних умовах із контролем основних режимних параметрів. На початковому етапі плодово-ягідну сировину інспектували, видаляли сторонні домішки, промивали проточною водою та обсушували, після чого подрібнювали до однорідного стану з використанням лабораторного блендера. Для окремих видів ягід із підвищеним вмістом насіння та шкірки отримане пюре за потреби додатково протирали крізь сито з розміром отворів 0,5 – 1,0 мм з метою вирівнювання текстури. Масову частку розчинних сухих речовин і активну кислотність пюре визначали рефрактометричним методом та потенціометрично з використанням каліброваного рН-метра, що дозволяло фіксувати вихідні параметри сировини перед формуванням суміші [62].

Водні настої лікарських і пряно-ароматичних рослин готували окремо для кожного рецептурного варіанта шляхом контрольованого екстрагування сухої рослинної сировини гарячою водою з урахуванням її біохімічних і сенсорних особливостей. Для приготування настою м'яти та чебрецю екстрагування здійснювали водою температурою 90 – 95 °С у співвідношенні сировина : вода 1:20 з тривалістю настоювання 10 – 15 хв, що забезпечувало ефективне вилучення ефірних олій і фенольних сполук без формування надмірно інтенсивного або різкого аромату. Настій гібіскусу отримували шляхом заливання сировини водою

температурою 95 – 98 °С у тому самому співвідношенні з витримкою 12 – 15 хв, що сприяло максимальному переходу антоціанів і органічних кислот у водну фазу та формуванню стабільного інтенсивного забарвлення. Для зеленого чаю як термочутливої рослинної сировини застосовували м'якший режим екстрагування: температуру води 75 – 85 °С і тривалість настоювання 6 – 10 хв, що дозволяло обмежити екстракцію катехинів, відповідальних за надмірну гіркоту, та зберегти збалансований смако-ароматичний профіль. Після завершення екстрагування всі настої фільтрували з метою видалення нерозчинних часток і охолоджували до температури 20 – 25 °С. За потреби об'єм настоїв коригували охолодженою питною водою для досягнення заданої масової частки компонента у рецептурі. Підготовлені настої дозували відповідно до рецептурних композицій, забезпечуючи однаковий уміст цього інгредієнта в усіх контрольних і дослідних зразках сорбетів.

Приготування сорбетної суміші здійснювали шляхом формування водної фази, до складу якої входили питна вода, відповідний трав'яний настій і підсолоджувальна система. Суміш підігрівали до температури 40 – 45 °С із постійним перемішуванням, після чого в контрольних зразках вносили сахарозу до повного її розчинення. У дослідних зразках послідовно вводили еритритол, а також попередньо змішані сухі компоненти – інулін, полідекстрозу та яблучний пектин, що забезпечувало рівномірну гідратацію гідроколоїдів і запобігало утворенню агломератів. Для активації структуроутворювальних властивостей пектину суміш додатково нагрівали до 75 – 80 °С та витримували за цієї температури протягом 5 – 10 хвилин, після чого охолоджували до 35 – 40 °С. Високоінтенсивний підсолоджувач стевіолглікозидного походження вводили у вигляді попередньо приготовленого водного розчину на завершальному етапі формування водної фази.

Після стабілізації водної фази до суміші вносили підготовлене плодово-ягідне пюре, забезпечуючи інтенсивне перемішування до повної гомогенізації системи. Регулювання кислотності здійснювали шляхом додавання розчину лимонної кислоти з одночасним контролем активної кислотності, яку підтримували в діапазоні, оптимальному для стабільності антоціанових пігментів і формування

збалансованого смакового профілю сорбетів. Для підвищення мікробіологічної стабільності та забезпечення відтворюваності структурних характеристик сорбетної суміші її піддавали короткочасній тепловій обробці за температури 80 – 85 °С з витримкою 15 – 30 с, після чого здійснювали швидке охолодження до температури 4 – 6 °С.

Охолоджену суміш витримували в умовах холодильного зберігання за температури 4 – 6 °С протягом 2 – 4 год, що забезпечувало завершення процесів гідратації гідроколоїдів і харчових волокон, а також стабілізацію в'язкісних характеристик системи. Після витримки суміш повторно перемішували та піддавали заморожуванню у лабораторному фризери періодичної дії до досягнення напівзамороженої пластичної консистенції з температурою маси $-5...-7$ °С. Процес фризирования супроводжувався частковим насиченням продукту повітрям і формуванням дрібнокристалічної структури льоду. Отриманий сорбет фасували в індивідуальні контейнери та піддавали загартуванню за температури $-25...-30$ °С з подальшим зберіганням при -18 ± 2 °С до проведення фізико-хімічних, технологічних і органолептичних досліджень. Всі дослідження виконували за стандартними методиками [62].

Методика визначення вмісту повітря у сорбеті

Вміст повітря у готовому сорбеті визначали за різницею маси однакового об'єму суміші до фризирования та готового продукту після фризирования, що ґрунтується на зміні густини системи внаслідок включення газової фази. Перед проведенням вимірювань суміш до фризирования охолоджували до температури 4 ± 1 °С та ретельно перемішували до однорідного стану. Готовий сорбет після фризирования витримували при температурі -18 ± 1 °С протягом 15 – 20 хв для стабілізації структури та запобігання її деформації під час відбору зразків.

Визначення проводили з використанням мірного циліндра фіксованого об'єму (100,0 мл), який попередньо висушували та зважували для встановлення маси порожньої тари. Циліндр заповнювали сумішшю до заданої мітки без утворення піни та видимих бульбашок повітря, після чого поверхню вирівнювали та зважували. Маса суміші в заданому об'ємі визначали як різницю між масою

циліндра з продуктом і масою порожньої тари. Аналогічно в той самий циліндр вносили готовий сорбет, заповнюючи його до мітки без надмірного ущільнення, але з усуненням великих порожнин, після чого поверхню зразка вирівнювали і проводили зважування.

Вміст повітря у сорбеті (%) розраховували за формулою:

$$W = \frac{m_{\text{суміші}} - m_{\text{сорбету}}}{m_{\text{сорбету}}} \cdot 100$$

де $m_{\text{суміші}}$ – маса суміші до фризювання в заданому об'ємі, г;

$m_{\text{сорбету}}$ – маса готового сорбету в тому самому об'ємі, г.

Методика визначення швидкості танення сорбету

Швидкість танення сорбету визначали за кількістю розплавленої фази, що відокремлюється від зразка за фіксований проміжок часу при стандартній температурі навколишнього середовища. Перед проведенням дослідження готовий сорбет витримували при температурі -18 ± 1 °С протягом не менше 24 год для стабілізації структури. Вимірювання здійснювали при температурі 20 ± 1 °С з використанням сита з розміром чарунок 1,5 мм, встановленого над попередньо зваженою приймальною ємністю.

Для визначення показника відважували навішування сорбету масою $50,00 \pm 0,10$ г, яке рівномірно розміщували на ситі без механічного ущільнення. Після початку танення розплавлену фазу, що стікала крізь сито, збирали в приймальну ємність. Через фіксований проміжок часу (30 хв) ємність з розплавом зважували. Масу розплавленої фази визначали як різницю між масою ємності з розплавом та масою порожньої ємності. Швидкість танення сорбету (%) розраховували за формулою:

$$V_T = \frac{m_p}{m_0} \cdot 100$$

де m_p – маса розплавленої фази за 30 хв, г;

m_0 – початкова маса навішування сорбету, г.

Методика оцінювання стійкості форми сорбету при таненні

Стійкість форми сорбету при таненні оцінювали за тривалістю збереження початкової геометрії зразка при температурі 20 ± 1 °С. Перед дослідженням сорбет витримували при температурі -18 ± 1 °С протягом 24 год. Для випробування формували зразки однакової маси та геометрії у вигляді циліндра діаметром 40 мм і висотою 40 мм. Сформований зразок обережно виймали з форми та розміщували на рівній горизонтальній поверхні.

Після розміщення зразка в умовах заданої температури фіксували час до появи першої краплі розплавленої фази та час до повної втрати форми. Під повною втратою форми розуміли момент, коли висота зразка зменшувалася не менш ніж на 50 % від початкової або зразок переходив у напіврідкий стан і втрачав здатність утримувати форму. Вимірювання часу здійснювали з використанням секундоміра.

Стійкість форми при таненні характеризували двома показниками – часом до появи першої краплі та часом до втрати форми, які визначали у хвилинах як середні значення щонайменше трьох повторень. Для кількісного порівняння результатів допускається використання відносного показника стійкості форми, який розраховували за формулою:

$$S = \frac{t_3}{t_K}$$

де t_3 – час до втрати форми досліджуваного зразка, хв;

t_K – час до втрати форми контрольного зразка, хв.

Визначення проводили щонайменше у трьох повтореннях, за результат приймали середнє арифметичне значення з відповідним стандартним відхиленням. Температурні умови, об'єм мірної тари та порядок заповнення підтримували сталими для всіх досліджуваних зразків з метою забезпечення відтворюваності та коректності порівняльного аналізу.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ

3.1 Дослідження фізико-хімічних показників суміші для виробництва сорбету до фризеравання

Приготування суміші для виготовлення сорбету до фризеравання є найважливішою стадією технологічного процесу, на якій формуються одночасно інтенсивність кристалоутворення під час заморожування та сенсорний профіль готового продукту. На відміну від морозива, де структуру частково стабілізують білки і жир, у сорбетах основними керованими змінними залишаються водно-вуглеводний баланс, кислотність і реологія суміші. Тому порівняння фізико-хімічних показників у контрольних та дослідних рецептурах (табл. 3.1) дає можливість кількісно відокремити внесок підсолоджувальної системи від внеску купажу плодово-ягідної сировини і трав'яного настою. Саме на цій основі можна прогнозувати потенціал суміші до утримання повітря під час фризеравання, схильність до формування крупнокристалічної льодяної фази, а також ризики дисбалансу смаку у зразках із різною композицією.

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні показники сорбетних сумішей до фризеравання

Зразок	СРР, %	pH	ТК, %	Вміст цукрів, %	В'язкість, мПа·с	Активність води, <i>a_w</i>
С1	24,6 ± 0,3	3,05 ± 0,02	0,92 ± 0,03	17,8 ± 0,4	820 ± 35	0,965 ± 0,003
Е1	20,8 ± 0,4	3,07 ± 0,02	0,90 ± 0,04	6,2 ± 0,3	1280 ± 45	0,972 ± 0,004
С2	23,9 ± 0,3	2,95 ± 0,03	1,05 ± 0,05	16,9 ± 0,5	860 ± 40	0,962 ± 0,004
Е2	20,1 ± 0,4	2,97 ± 0,03	1,02 ± 0,04	5,8 ± 0,3	1340 ± 50	0,970 ± 0,004
С3	24,2 ± 0,3	3,10 ± 0,02	0,88 ± 0,03	17,5 ± 0,4	800 ± 30	0,966 ± 0,003
Е3	20,5 ± 0,4	3,12 ± 0,02	0,86 ± 0,04	6,0 ± 0,3	1260 ± 40	0,973 ± 0,004
С4	25,1 ± 0,3	3,25 ± 0,02	0,72 ± 0,03	18,6 ± 0,5	740 ± 30	0,960 ± 0,003
Е4	21,3 ± 0,4	3,27 ± 0,02	0,70 ± 0,03	6,4 ± 0,3	1200 ± 35	0,968 ± 0,003

Заміна традиційної підсолоджувальної системи на основі сахарози на комбіновану еритритол-волоконну систему у всіх рецептурних парах (С→Е)

призвела до чітко виражених і кількісно відтворюваних змін фізико-хімічних показників сорбетних сумішей до фризювання. Найбільш стабільним ефектом стало зниження вмісту розчинних сухих речовин, яке у всіх чотирьох парах становило близько 3,7 – 3,8 %: у варіанті С1→Е1 показник зменшувався з 24,6 до 20,8 %, у С2→Е2 — з 23,9 до 20,1 %, у С3→Е3 — з 24,2 до 20,5 %, у С4→Е4 — з 25,1 до 21,3 %. При цьому найвищі значення у контрольних зразках спостерігалися для варіанта 4, однак після заміни сахарози абсолютні значення у всіх дослідних сумішах зближувалися до вузького діапазону 20,1 – 21,3 %, що свідчить про домінуючий внесок сахарози у рефрактометричну характеристику системи та обмежену чутливість сухих розчинних речовин (СРР) до присутності інуліну й полідекстрази, які реалізують свій технологічний ефект переважно через зміну реологічних властивостей.

Найбільш принциповими з точки зору харчової та функціональної цінності є зміни у вмісті цукрів. У контрольних сумішах цей показник становив 16,9 – 18,6 %, тоді як у відповідних дослідних варіантах знижувався до 5,8 – 6,4 %. Абсолютне зменшення вмісту цукрів у парах С1→Е1, С2→Е2, С3→Е3 та С4→Е4 складало відповідно 11,6; 11,1; 11,5 та 12,2 %, що у відносному вираженні відповідало стабільному зниженню приблизно у 2,9 рази незалежно від складу плодово-ягідного купажу. Така однорідність ефекту підтверджує, що редукція цукрів у розроблених рецептурах визначається саме типом підсолоджувальної системи, тоді як внесок плодово-ягідної сировини у цей показник є другорядним.

На відміну від СРР і вмісту цукрів, в'язкість сумішей демонструвала протилежну тенденцію. У всіх дослідних зразках вона була суттєво вищою порівняно з контролем: для пари С1→Е1 в'язкість зростала з 820 до 1280 мПа·с (на 56 %), для С2→Е2 — з 860 до 1340 мПа·с (на 56 %), для С3→Е3 — з 800 до 1260 мПа·с (на 58 %), для С4→Е4 — з 740 до 1200 мПа·с (на 62 %). Максимальні значення в'язкості серед дослідних сумішей характерні для варіанта Е2 (1340 мПа·с), що на 140 мПа·с перевищувало Е4 і на 80 мПа·с – Е1, вказуючи на синергічний вплив інуліну, полідекстрази, підвищеної дози пектину та фенольного профілю аронії. З технологічної точки зору це означає, що саме варіант Е2 має

найвищий потенціал до формування структурно стабілізованої в'язко-пластичної системи перед фризруванням і, відповідно, до ефективнішого утримання повітря у процесі заморожування.

Активність води у дослідних сумішах у всіх парах була дещо вищою порівняно з контролем, причому приріст становив лише 0,007 – 0,008. Хоча підвищення a_w теоретично могло б асоціюватися з ризиком «водянистості», одночасне зростання в'язкості на 56 – 62 % свідчить, що вода у дослідних системах перебуває у зв'язаному стані, що є характерною особливістю волоконно-гідроколоїдних систем.

Кислотні характеристики сумішей виявилися найменш чутливими до заміни підсолоджувальної системи. Різниця значень рН між контрольними та дослідними зразками в межах кожного купажу не перевищувала 0,02, а титрована кислотність зменшувалася лише на 0,02 – 0,03 %. Це чітко вказує на те, що кислотний профіль сумішей формується переважно складом плодово-ягідної сировини, типом трав'яного настою та дозуванням лимонної кислоти, тоді як підсолоджувачі не здійснюють істотного впливу на ці показники.

Порівняння між купажами незалежно від типу солодкості показало, що найбільш кислим є варіант 2 (аронія, малина, гібіскус), для якого значення рН становили 2,95 у контролі та 2,97 у дослідному зразку, що на 0,30 нижче порівняно з варіантом 4 (груша, ожина, чебрець), де рН досягав 3,25 – 3,27. Така різниця є сенсорно значущою та асоціюється з виразнішою кислинкою і потенційною терпкістю. Дані титрованої кислотності підтверджують цю тенденцію: максимальне значення 1,05 % у С2 проти мінімального 0,70 % у Е4 відповідає різниці близько 50 %, що має принципове значення для стабільності антоціанових пігментів і балансу смаку.

В'язкість між купажами у контрольних зразках змінювалася в діапазоні 740 – 860 мПа·с, тоді як у дослідних – у ширшому діапазоні 1200 – 1340 мПа·с, що свідчить про підвищену чутливість волоконних систем до фенольного та пектинового профілю сировини. При цьому розмах значень СРР між купажами був однаковим у контролі й досліді (1,2 %), однак абсолютні рівні суттєво відрізнялися,

що підтверджує необхідність оцінювати “солодку щільність” дослідних сорбетних систем не лише за СРР, а у поєднанні з показниками в’язкості, вмісту цукрів і сенсорних характеристик.

3.2 Дослідження фізико-хімічних показників сорбету антиоксидантної дії

Фізико-хімічні показники визначають як структурно-механічні властивості сорбету, так і стабільність біологічно активних речовин у процесі заморожування та зберігання. Для сорбетів, виготовлених на основі плодово-ягідної сировини, ключове значення мають вміст розчинних сухих речовин (СРР), активна та титрована кислотність, а також активність води.

Вміст розчинних сухих речовин (СРР) безпосередньо впливає на кріоскопічні властивості системи, формування кристалів льоду та консистенцію готового продукту. Значення рН і титрованої кислотності формують смаковий профіль сорбету та визначають хімічну стабільність антоціанів і фенольних сполук, які є основними носіями антиоксидантної дії. Активність води, у свою чергу, відображає ступінь зв’язування вологи полі- та олігосахаридами і є важливим індикатором утворення великих кристалів льоду, швидкості танення та мікробіологічної стабільності замороженого десерту. Результати визначення даних фізико-хімічних показників готового сорбету наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники сорбету антиоксидантної дії

Зразок	СРР, %	рН	Титрована кислотність, %	Активність води (<i>aw</i>)
С1	24,6 ± 0,3	3,18 ± 0,02	0,166 ± 0,005	0,962 ± 0,004
Е1	20,8 ± 0,4	3,21 ± 0,02	0,161 ± 0,005	0,955 ± 0,003
С2	23,9 ± 0,3	3,05 ± 0,03	0,194 ± 0,006	0,965 ± 0,004
Е2	20,1 ± 0,4	3,08 ± 0,02	0,189 ± 0,005	0,957 ± 0,003
С3	24,2 ± 0,3	3,22 ± 0,02	0,154 ± 0,005	0,960 ± 0,004
Е3	20,5 ± 0,4	3,25 ± 0,02	0,149 ± 0,005	0,952 ± 0,003
С4	25,1 ± 0,3	3,36 ± 0,02	0,133 ± 0,004	0,958 ± 0,004
Е4	21,3 ± 0,4	3,39 ± 0,02	0,128 ± 0,004	0,951 ± 0,003

Аналіз наведених у таблиці фізико-хімічних показників свідчить, що досліджувані зразки сорбету характеризуються типовими для плодово-ягідних заморожених десертів значеннями розчинних сухих речовин, кислотності та активності води, а відмінності між контрольними та експериментальними варіантами мають системний і технологічно обґрунтований характер.

Вміст розчинних сухих речовин у контрольних зразках (С1 – С4) перебуває в межах 23,9 – 25,1 %, тоді як у експериментальних зразках (Е1 – Е3) цей показник є статистично нижчим і становить 20,1 – 20,8 %. Така різниця безпосередньо зумовлена рецептурними особливостями: використання сахарози в контрольних зразках формує вищу частку низькомолекулярних осмотично активних компонентів, тоді як у зразках серії Е частину сухих речовин становлять інулін і полідекстроза, які підвищують загальний вміст сухих речовин, але меншою мірою впливають на показник СРР. Отже, зменшення розчинних сухих речовин у зразках Е не свідчить про зниження загальної суми сухих речовин, а відображає зміну її молекулярної структури.

Значення активної кислотності всіх зразків перебувають у вузькому діапазоні рН 3,05 – 3,39, що є характерним для сорбетів на основі ягідної сировини та оптимальним з точки зору смакової гармонії і стабільності антоціанових пігментів. Спостерігається чітка кореляція між рН і титрованою кислотністю: зразки з вищою титрованою кислотністю (С2, Е2) характеризуються нижчими значеннями рН, що зумовлено підвищеним вмістом органічних кислот у складі плодово-ягідних композицій. Водночас у зразках Е титрована кислотність нижча, ніж у відповідних контрольних варіантах, що може бути пояснено частковим маскуванням кислотності харчовими волокнами та змінами буферних властивостей системи.

Особливої уваги заслуговує аналіз активності води. У контрольних зразках a_w змінюється в межах 0,958 – 0,965, тоді як у експериментальних зразках цей показник є стабільно нижчим і становить 0,951 – 0,957. Зниження активності води у зразках серії Е є наслідком ефективного зв'язування вологи інуліном і полідекстрозою в умовах замороженої багатофазної системи. На відміну від сахарози, яка переважно впливає на осмотичний тиск рідкої фази,

високомолекулярні полісахариди формують просторово-гідратаційну сітку, що зменшує частку вільної води після фризювання. Це створює передумови для зниження льодянистості та уповільнення процесу танення.

3.3 Дослідження структурно-реологічних показників сорбету

Показники вмісту повітря, швидкості танення та стійкості форми при таненні є важливими характеристиками якості заморожених десертів, оскільки вони безпосередньо відображають структурну організацію сорбету, ефективність процесу фризювання та здатність продукту зберігати задані споживчі властивості під час реалізації. Вміст повітря характеризує ступінь насичення сорбету газовою фазою та визначає його легкість і ніжність структури, тоді як швидкість танення і стійкість форми відображають взаємодію між незамерзлою водою, розчиненими компонентами та гелеутворювальними агентами.

Для сорбетів на основі плодово-ягідної сировини ці показники мають особливе значення, оскільки відсутність жирової фази робить структуру продукту більш чутливою до рецептурних чинників. У зв'язку з цим порівняльне дослідження контрольних і експериментальних зразків дозволяє оцінити вплив заміни сахарози на систему підсолоджувачів і харчових волокон на формування структурно-механічних властивостей готового сорбету (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Результати визначення структурно-реологічних показників сорбету

Зразок	Вміст повітря, %	Швидкість танення, % за 30 хв	Час втрати форми, хв
С1	28,4 ± 1,2	36,5 ± 1,8	14,8 ± 0,6
Е1	34,6 ± 1,4	28,1 ± 1,5	19,6 ± 0,7
С2	26,9 ± 1,1	38,2 ± 1,9	13,9 ± 0,5
Е2	35,8 ± 1,5	26,4 ± 1,3	20,8 ± 0,8
С3	29,1 ± 1,3	34,8 ± 1,7	15,6 ± 0,6
Е3	33,9 ± 1,4	29,3 ± 1,6	18,9 ± 0,7
С4	27,6 ± 1,2	37,4 ± 1,8	14,2 ± 0,5
Е4	32,8 ± 1,3	30,1 ± 1,6	18,1 ± 0,6

Аналіз результатів показав, що експериментальні зразки сорбету характеризуються вищим вмістом повітря порівняно з контрольними аналогами. Значення цього показника для зразків серії Е становили 32,8 – 35,8 %, тоді як у контрольних зразках вони перебували в межах 26,9 – 29,1 %. Підвищений вміст повітря в експериментальних сорбетах свідчить про ефективніше утримання газової фази під час фризювання, що пов'язано зі стабілізуючою дією інуліну, полідекстрази та пектину, які формують просторово-гідратаційну систему навколо бульбашок повітря.

Швидкість танення контрольних зразків була вищою і становила 34,8 – 38,2 % втрат маси за 30 хв, тоді як для експериментальних сорбетів цей показник знижувався до 26,4 – 30,1 %. Зменшення швидкості танення у зразках серії Е узгоджується з раніше встановленими нижчими значеннями активності води та свідчить про зменшення частки вільної незв'язаної вологи у готовому продукті.

Стійкість форми при таненні також була вищою у експериментальних зразках. Час до появи першої краплі у сорбетах серії Е перевищував аналогічні показники контрольних зразків у середньому на 2,3 – 3,7 хв, а час повної втрати форми – на 3,5 – 6,9 хв. Це підтверджує, що модифікована рецептурна композиція забезпечує більш стабільну структуру сорбету в умовах підвищення температури та уповільнює деструкцію каркасу, сформованого під час фризювання.

3.4 Характеристика антиоксидантних властивостей сорбету

Антиоксидантні властивості харчових продуктів не є абстрактною величиною, а визначаються наявністю та стабільністю конкретних низькомолекулярних сполук, здатних перехоплювати активні форми кисню та обмежувати окисні процеси. Для плодово-ягідних сорбетів такими ключовими носіями антиоксидантної дії є фенольні сполуки та аскорбінова кислота, які формують первинний захисний потенціал продукту.

Фенольні речовини виконують роль універсальних донорів електронів і водню, забезпечуючи довготривалу антиоксидантну стабільність, тоді як

аскорбінова кислота характеризується високою реакційною здатністю та бере участь у швидких відновних процесах. Поєднання цих двох груп антиоксидантів дозволяє оцінити антиоксидантні властивості сорбету не лише кількісно, а й функціонально – як систему швидкої та пролонгованої антиоксидантної дії. Саме тому визначення суми фенольних речовин і вмісту аскорбінової кислоти є доцільним та інформативним підходом для характеристики антиоксидантного потенціалу сорбету (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Вміст фенольних речовин та аскорбінової кислоти у сорбетах

Зразок	Сума фенольних речовин, мг/100 г	Аскорбінова кислота, мг/100 г
С1	285,21 ± 12,11	34,2 ± 1,6
Е1	312,32 ± 14,23	36,8 ± 1,7
С2	368,41 ± 15,11	29,5 ± 1,4
Е2	402,02 ± 17,10	31,9 ± 1,5
С3	295,37 ± 13,33	38,6 ± 1,8
Е3	327,07 ± 14,11	41,2 ± 1,9
С4	248,11 ± 11,05	26,8 ± 1,3
Е4	276,12 ± 12,02	28,9 ± 1,4

Результати досліджень свідчать, що всі зразки сорбету характеризуються високим вмістом фенольних речовин, що підтверджує доцільність використання плодово-ягідної сировини у поєднанні з рослинними настоями як основи для створення продуктів антиоксидантної дії. Визначені значення суми фенольних речовин відображають інтегральний антиоксидантний потенціал готового сорбету, сформований за рахунок як ягідних компонентів, так і водорозчинних фенольних сполук, екстрагованих із рослинної сировини під час приготування настоїв.

Найвищі значення суми фенольних речовин встановлено у зразках С2 та Е2 (368,41 – 402,02 мг/100 г), що корелює не лише з використанням ягідної сировини з високим природним вмістом поліфенолів (чорна смородина, аронія), але й з додаванням настою гібіскусу, який є відомим джерелом фенольних кислот і

флавоноїдів. Аналогічна тенденція спостерігалася у зразках С3 та Е3, де поєднання граната, вишні та лохини з настоєм зеленого чаю зумовлювало підвищені значення фенольних речовин, що свідчить про внесок катехинів та інших поліфенольних сполук рослинного походження.

Експериментальні зразки (Е1 – Е4) у всіх випадках характеризувалися вищим вмістом фенольних речовин порівняно з відповідними контрольними аналогами. Підвищення цього показника в середньому на 8 – 10 % може бути пояснено сукупною дією кількох чинників, зокрема зменшенням втрат фенольних сполук у процесі фризрування за рахунок більш зв'язаної водної фази, зниження активності води, а також стабілізуючим впливом харчових волокон на фенольні компоненти як ягідної, так і рослинної сировини.

Вміст аскорбінової кислоти у сорбетах перебував у межах 26,8 – 41,2 мг/100 г. Найвищі значення цього показника встановлено у зразках, що містили чорну смородину та вишню, які є природними джерелами вітаміну С, а також у зразках з використанням рослинних настоїв, здатних додатково збагачувати водну фазу низькомолекулярними антиоксидантами. Експериментальні зразки характеризувалися дещо вищим вмістом аскорбінової кислоти порівняно з контрольними, що свідчить про зниження її окисної деградації в умовах фризрування та подальшого низькотемпературного зберігання.

Сукупний аналіз вмісту фенольних речовин та аскорбінової кислоти дозволяє розглядати експериментальні сорбети як продукти з більш збалансованим антиоксидантним профілем, у якому поєднуються антиоксиданти різної хімічної природи та механізмів дії, сформовані завдяки комплексному використанню плодово-ягідної та рослинної сировини.

3.5 Розрахунок енергетичної цінності та глікемічного індексу сорбету

Енергетична цінність і глікемічний індекс є важливими характеристиками харчових продуктів, які дозволяють оцінити їх фізіологічну дію та доцільність використання в раціонах оздоровчого і функціонального харчування. Для

заморожених десертів на основі плодово-ягідної сировини ці показники мають особливе значення, оскільки традиційні рецептури сорбетів характеризуються високим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів і, відповідно, підвищеною енергетичною цінністю та глікемічним індексом.

Заміна сахарози на альтернативні підсолоджувачі та введення харчових волокон зумовлюють зміну не лише калорійності продукту, але й швидкості постпрандіального глікемічного відгуку.

У зв'язку з цим розрахунок енергетичної цінності (рис.3.1) на основі вмісту основних макронутрієнтів (табл. 3.5), а також оцінка глікемічного індексу сорбетів (рис.3.2) різних рецептурних варіантів, є доцільними для обґрунтування їх функціональної спрямованості.

Таблиця 3.5

Вміст основних макронутрієнтів сорбету

Зразок	Вуглеводи, г/100 г	у т.ч. цукри, г/100 г	Харчові волокна, г/100 г	Білки, г/100 г	Жири, г/100 г
С1	24,8	17,8	2,1	0,6	0,2
Е1	15,9	6,2	6,8	0,6	0,2
С2	24,1	16,9	2,4	0,7	0,2
Е2	15,4	5,8	7,1	0,7	0,2
С3	24,5	17,5	2,3	0,6	0,2
Е3	15,7	6,0	6,9	0,6	0,2
С4	25,3	18,6	1,9	0,5	0,2
Е4	16,2	6,4	6,5	0,5	0,2

Енергетичну цінність дослідних зразків сорбету визначали за формулою:

$$E_{ЦС} = 4 \cdot \sum B + 9 \cdot \sum Ж + 4 \sum В + 1,5 \sum ХВ$$

Визначені значення енергетичної цінності зразків сорбету представлені на рисунку 3.1.

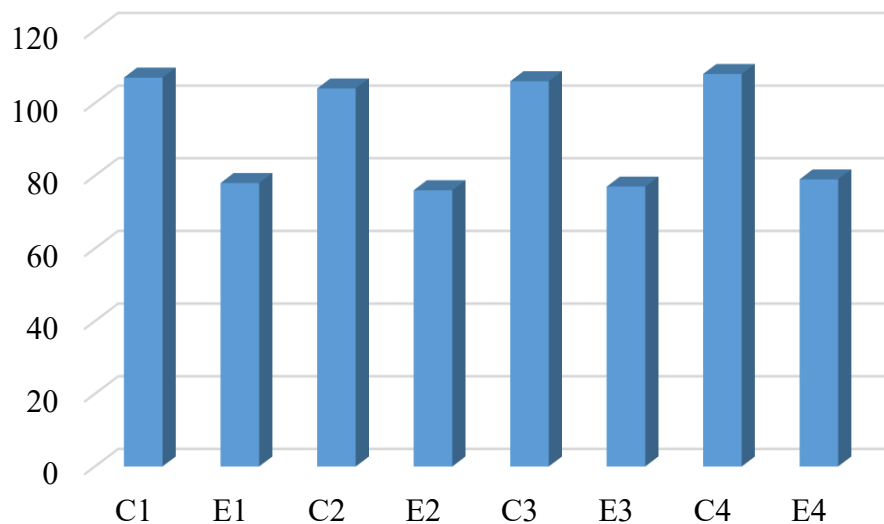


Рис. 3.1. Енергетична цінність сорбету антиоксидантної дії, ккал/100 г.

Отримані результати свідчать про суттєві відмінності енергетичної цінності між контрольними та експериментальними зразками сорбетів, що зумовлено рецептурними особливостями та складом вуглеводної фракції. Енергетична цінність контрольних зразків (C1 – C4), виготовлених із використанням сахарози, перебувала в межах 104 – 108 ккал/100 г, що є типовим для традиційних плодово-ягідних сорбетів з високим вмістом легкозасвоюваних цукрів.

Натомість експериментальні зразки (E1 – E4), у рецептурі яких сахарозу замінено на еритритол у поєднанні з інуліном, полідекстрозою та стевією, характеризувалися значно нижчою енергетичною цінністю – 76...79 ккал/100 г. Зменшення калорійності експериментальних сорбетів становило в середньому 26...30 ккал/100 г, що відповідає зниженню енергетичної цінності приблизно на 25...28 % порівняно з контрольними аналогами.

Відносно невеликі коливання енергетичної цінності всередині кожної групи зразків (C1 – C4 та E1 – E4) пояснюються різним співвідношенням плодово-ягідних компонентів, які відрізняються вмістом природних цукрів і органічних кислот. Водночас стабільно нижчі значення калорійності експериментальних зразків підтверджують визначальну роль підсолоджувальної системи у формуванні енергетичної цінності сорбету, тоді як вплив варіацій плодово-ягідної сировини є другорядним.

Отримані результати узгоджуються з раніше встановленими даними щодо зниженого вмісту засвоюваних вуглеводів та нижчого глікемічного індексу експериментальних сорбетів і підтверджують доцільність використання альтернативних підсолоджувачів і харчових волокон для створення заморожених десертів оздоровчого спрямування.

Зниження енергетичної цінності сорбетів, зумовлене зменшенням вмісту засвоюваних вуглеводів і заміною сахарози на альтернативну підсолоджувальну систему, об'єктивно передбачає зміну характеру вуглеводного обміну після споживання продукту, що обґрунтовує доцільність оцінювання глікемічного індексу розроблених сорбетів (рис. 3.2).

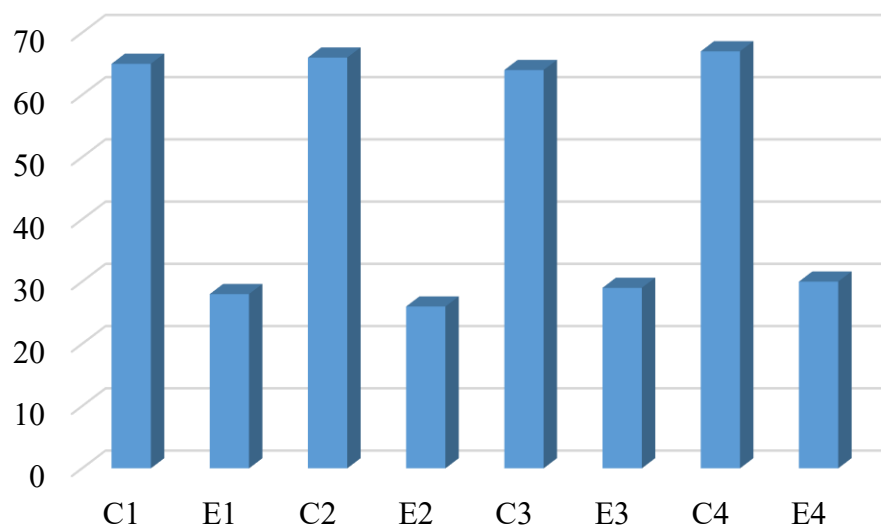


Рис. 3.2. Глікемічний індекс зразків сорбету антиоксидантної дії, в.о./100 г.

Аналіз розрахункових значень глікемічного індексу показав чітке розмежування контрольних і експериментальних зразків за характером глікемічної відповіді. Контрольні сорбети (C1 – C4), у рецептурі яких використано сахарозу як основний підсолоджувач, характеризувалися глікемічним індексом у межах 64...67 в.о., що відповідає продуктам із середнім глікемічним індексом і зумовлює відносно швидке підвищення рівня глюкози в крові після їх споживання.

Натомість експериментальні зразки (E1 –E4) мали значно нижчі значення глікемічного індексу – 26...30 в.о., що відповідає продуктам з низьким глікемічним

індексом. Таке зниження більш ніж у два рази порівняно з контрольними зразками є наслідком комплексної дії рецептурних чинників, зокрема заміни сахарози на еритритол та стевію, який не викликає істотного глікемічного відгуку, а також введення інуліну та полідекстрази, що уповільнюють всмоктування вуглеводів і знижують швидкість постпрандіальної глікемічної реакції.

Коливання значень глікемічного індексу всередині групи експериментальних зразків (26...30 в.о.) можна пояснити відмінностями у видовому складі плодово-ягідної сировини та природному вмісті моно- і дисахаридів, однак ці відмінності не мають принципового впливу на загальну глікемічну характеристику продукту. Отримані результати узгоджуються з раніше встановленими показниками зниженого вмісту засвоюваних вуглеводів і нижчої енергетичної цінності експериментальних сорбетів.

3.6 Органолептична оцінка зразків сорбету антиоксидантної дії

Органолептична оцінка є невід'ємним етапом комплексного аналізу якості харчових продуктів, оскільки саме вона дозволяє інтегрально охарактеризувати споживчі властивості продукту, які не завжди повною мірою відображаються інструментальними або фізико-хімічними показниками. Для заморожених десертів на основі плодово-ягідної сировини органолептичні характеристики мають особливе значення, оскільки відсутність жирової фази зумовлює підвищену чутливість сприйняття смаку, аромату та текстури.

Оцінювання зовнішнього вигляду, консистенції, смаку й аромату сорбетів дозволяє встановити вплив рецептурних чинників на формування гармонійного сенсорного профілю та визначити прийнятність продукту для споживача. У зв'язку з цим органолептична оцінка була проведена з метою порівняння контрольних і експериментальних зразків та встановлення їхніх переваг і можливих обмежень з точки зору споживчих властивостей.

Результати проведеної органолептичної оцінки наведено на рисунках 3.3 – 3.6.

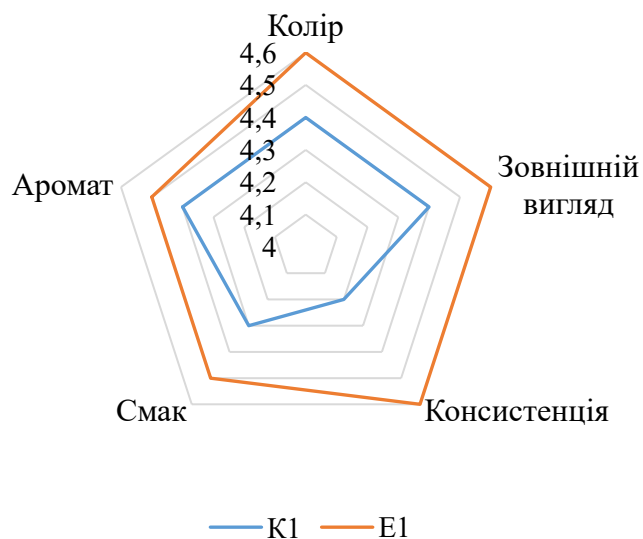


Рис. 3.3. Профілограма органолептичних показників зразків сорбетів антиоксидантної дії на основі смородини, лохини, вишні, м'яти: К1, Е1.

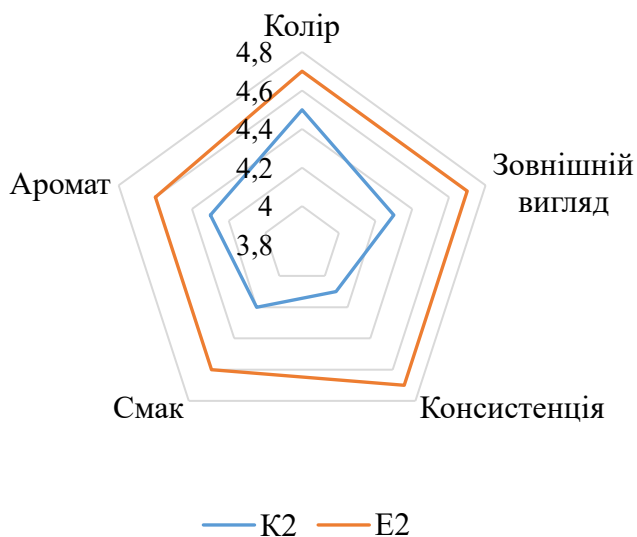


Рис. 3.4. Профілограма органолептичних показників зразків сорбетів антиоксидантної дії на основі аронії, смородини, малини, гібіскусу: К2, Е2.

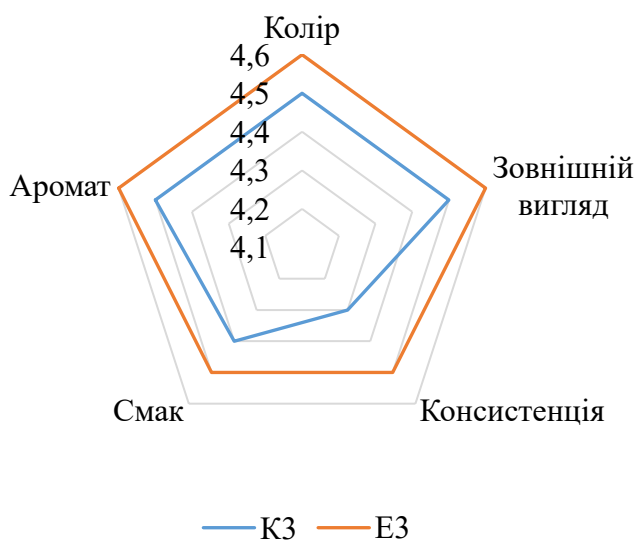


Рис. 3.5. Профілограма органолептичних показників зразків сорбетів антиоксидантної дії на основі гранату, вишні, лохини, зеленого чаю: К3, Е3.

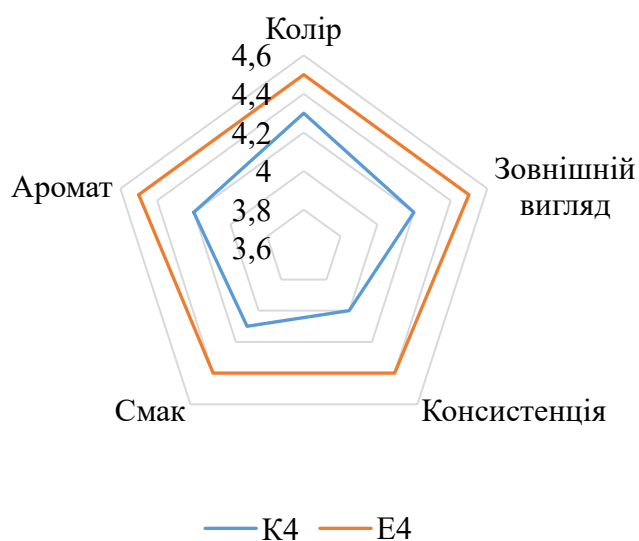


Рис. 3.6. Профілограма органолептичних показників зразків сорбетів антиоксидантної дії на основі смородини, лохини, вишні, м'яти: К4, Е4.

Аналіз результатів органолептичної оцінки показав, що заміна традиційної системи солодкості на альтернативну за збереження однакового складу плодово-ягідного купажу та рослинного настою призводить до комплексного покращення сенсорних характеристик сорбетів, що проявляється не лише у смаку та ароматі, але й у візуальному сприйнятті продукту. В усіх експериментальних зразках (E1 – E4) загальна дегустаційна оцінка була вищою порівняно з відповідними контрольними зразками (K1 – K4) на 0,12 – 0,42 бали, що свідчить про позитивний вплив рецептурних змін на споживчі властивості сорбетів.

Для пари K1 – E1 (чорна смородина + лохина + вишня + м'ята) підвищення органолептичної оцінки експериментального зразка зумовлене більш вираженим і чистим кольором без небажаних бурих відтінків, чіткішим проявом освіжаючого м'ятного аромату та зменшенням надмірної солодкості. Це дозволило краще розкрити характерні кисло-ягідні ноти чорної смородини та вишні, що відобразилося у підвищених оцінках кольору, смаку й загального сприйняття.

У зразках K2 – E2 (аронія + чорна смородина + малина + гібіскус) найбільш помітним було зростання оцінок кольору, смаку й консистенції. Інтенсивний темно-рубіновий колір сорбету E2, сформований за рахунок поєднання антоціанів аронії, чорної смородини та фенольних сполук гібіскусу, сприймався дегустаторами як насичений і стабільний. У контрольному зразку терпкість аронії частково маскувалася солодкістю сахарози, тоді як у зразку E2 альтернативна система солодкості забезпечувала більш глибокий і гармонійний смаковий профіль. Саме зразок E2 отримав найвищу загальну оцінку – 4,65 бали, що підтверджує оптимальність обраного купажу та настою.

Сорбети K3 – E3 (гранат + вишня + лохина + зелений чай) характеризувалися складним багатошаровим сенсорним профілем. У експериментальному зразку E3 відзначено більш рівномірний, глибокий рубіновий колір і чіткіше виражені терпкувато-фруктові ноти граната та зеленого чаю. Подовжений післясмак і зростання оцінок аромату та смаку свідчать про позитивний синергізм між плодово-ягідною сировиною та рослинним настоєм.

Для зразків К4 – Е4 (ожина + груша + малина + чебрець) визначальним чинником сенсорного сприйняття була груша як компонент, що пом'якшує загальний смаковий профіль і надає кольору світлішого, але однорідного відтінку. У зразку Е4 поєднання груші з чебрецем і ягідною сировиною формувало більш збалансований, округлий смак і приємний пряно-фруктовий аромат, а також рівномірний природний колір, що зумовило підвищення загальної оцінки до 4,45 бали.

Висновки до розділу 3

1. Узагальнення результатів фізико-хімічних, структурно-механічних, функціональних та органолептичних досліджень дозволило встановити, що експериментальні зразки сорбетів (Е1 – Е4) у цілому перевищують контрольні аналоги за сукупністю показників якості та функціональної спрямованості. Для всіх експериментальних варіантів характерні стабільні фізико-хімічні властивості (вміст розчинних сухих речовин 20,1 – 21,3 %, рН 3,05 – 3,39, титрована кислотність 0,128 – 0,194 %), нижча активність води (0,951 – 0,957), підвищений вміст повітря (до 35,8 %), знижена швидкість танення та більша стійкість форми при таненні порівняно з контрольними зразками.
2. За біологічно активними показниками експериментальні сорбети характеризуються підвищеним вмістом фенольних речовин (до 402 мг/100 г) та аскорбінової кислоти (до 41,2 мг/100 г), що підтверджує їх виражену антиоксидантну спрямованість.
3. Одночасно встановлено істотне зниження енергетичної цінності експериментальних зразків до 76...79 ккал/100 г (проти 104...108 ккал/100 г у контрольних) та зменшення глікемічного індексу до рівня 26...30 в.о., що дозволяє віднести їх до продуктів з низьким глікемічним навантаженням.
4. Комплексна органолептична оцінка показала, що всі експериментальні зразки мають вищі загальні дегустаційні бали (4,45 – 4,65) порівняно з контрольними (4,13 – 4,43), що зумовлено більш збалансованим смаковим профілем, чіткішим

проявом ягідних і трав'яних нот, меншою надмірною солодкістю та тривалішим приємним післясмаком.

5. Серед усіх досліджуваних варіантів зразок E2 (аронія + чорна смородина + малина з настоем гібіскусу та альтернативною системою солодкості) визначено як найбільш оптимальний, оскільки він поєднує найвищу органолептичну оцінку, максимальний вміст фенольних сполук, добру структурну стабільність при таненні та низькі значення енергетичної цінності й глікемічного індексу. Водночас зразки E1 та E3 також можуть бути рекомендовані як перспективні варіанти, оскільки вони забезпечують оптимальний баланс між антиоксидантною активністю, сенсорними властивостями та оздоровчими характеристиками.
6. Таким чином, результати комплексних досліджень підтверджують доцільність використання альтернативної системи солодкості у поєднанні з різноманітною плодово-ягідною та рослинною сировиною для створення сорбетів антиоксидантної дії з покращеними споживчими та функціональними властивостями.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Класична технологія виробництва сорбетів у виробничих умовах

Класична технологія виробництва сорбету у виробничих умовах ґрунтується на регламентованому поєднанні операцій подрібнення, теплової обробки, гомогенізації та інтенсивного заморожування плодово-ягідних систем, у результаті яких формується стабільна дрібнокристалічна структура з контрольованими фізико-хімічними та органолептичними параметрами.

Технологічний процес розпочинається з приймання та підготовки сировини, яка включає сортування, миття та інспекцію плодів і ягід з метою видалення механічних домішок і дефектної сировини. Миття здійснюють у мийних машинах барабанного або каналного типу з проточною питною водою температурою 10 – 15 °С. Після миття сировину піддають подрібненню у дробарках або протиральних машинах до отримання пюре з розміром частинок не більше 0,5 – 1,0 мм, що забезпечує однорідність майбутньої суміші.

Отримане пюре за необхідності піддають тепловій обробці з метою інактивації ферментів та зниження мікробіологічного навантаження. Пастеризацію здійснюють у пластинчастих або трубчастих пастеризаторах при температурі 85 – 90 °С з витримкою 30 – 60 с, після чого продукт швидко охолоджують до температури 4 – 6 °С у теплообмінниках. Паралельно готують цукрово-водний сироп, для чого цукор розчиняють у питній воді при нагріванні до 60 – 70 °С у варильних котлах або сироповарильних установках з мішалками до повного розчинення кристалів. За наявності стабілізаторів їх попередньо гідратують у частині води або сиропу відповідно до технологічних інструкцій.

На стадії складання суміші пюре, цукровий сироп та стабілізуючі компоненти дозують відповідно до рецептури та змішують у змішувальних ємностях або гомогенізаторах із мішалками до отримання однорідної системи. Для покращення

консистенції суміш зазвичай піддають гомогенізації при тиску 10 – 15 МПа в одноступеневих або двоступеневих гомогенізаторах, що сприяє зменшенню розміру дисперсних частинок і підвищенню стабільності системи. Після гомогенізації суміш витримують на стадії дозрівання при температурі 2 – 4 °С протягом 2 – 4 годин у холодильних ємностях для завершення гідrataції стабілізаторів і стабілізації фізико-хімічних властивостей.

Фризерування є ключовою операцією класичної технології сорбету і здійснюється у безперервних або періодичних фризерах. Під час фризерування суміш охолоджується до температури $-5...-7$ °С з одночасним інтенсивним перемішуванням і насиченням повітрям, що забезпечує формування дрібнокристалічної структури льоду та характерної легкої консистенції продукту. Тривалість фризерування зазвичай становить 3 – 6 хв залежно від типу обладнання та складу суміші.

Після виходу з фризера напівзаморожений сорбет фасують у споживчу або транспортну тару з використанням дозувально-фасувальних машин, після чого піддають остаточному загартуванню. Загартування проводять у морозильних камерах або тунелях швидкого заморожування при температурі $-30...-40$ °С до досягнення температури в центрі продукту не вище -18 °С. На завершальному етапі готовий сорбет зберігають при температурі $-18...-25$ °С у холодильних складах до реалізації, дотримуючись безперервності холодового ланцюга [63].

4.2 Розробка технології сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини

Удосконалена технологічна схема виробництва сорбетів антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини в промислових умовах (рис.4.1) ґрунтується на класичній технології та передбачає поетапне формування стабільної замороженої багатофазної системи шляхом контрольованої підготовки плодово-ягідного пюре, отримання водних екстрактів рослинної сировини, приготування водної фази з підсолоджувальною системою та гідроколоїдами, гомогенізації, короткочасної

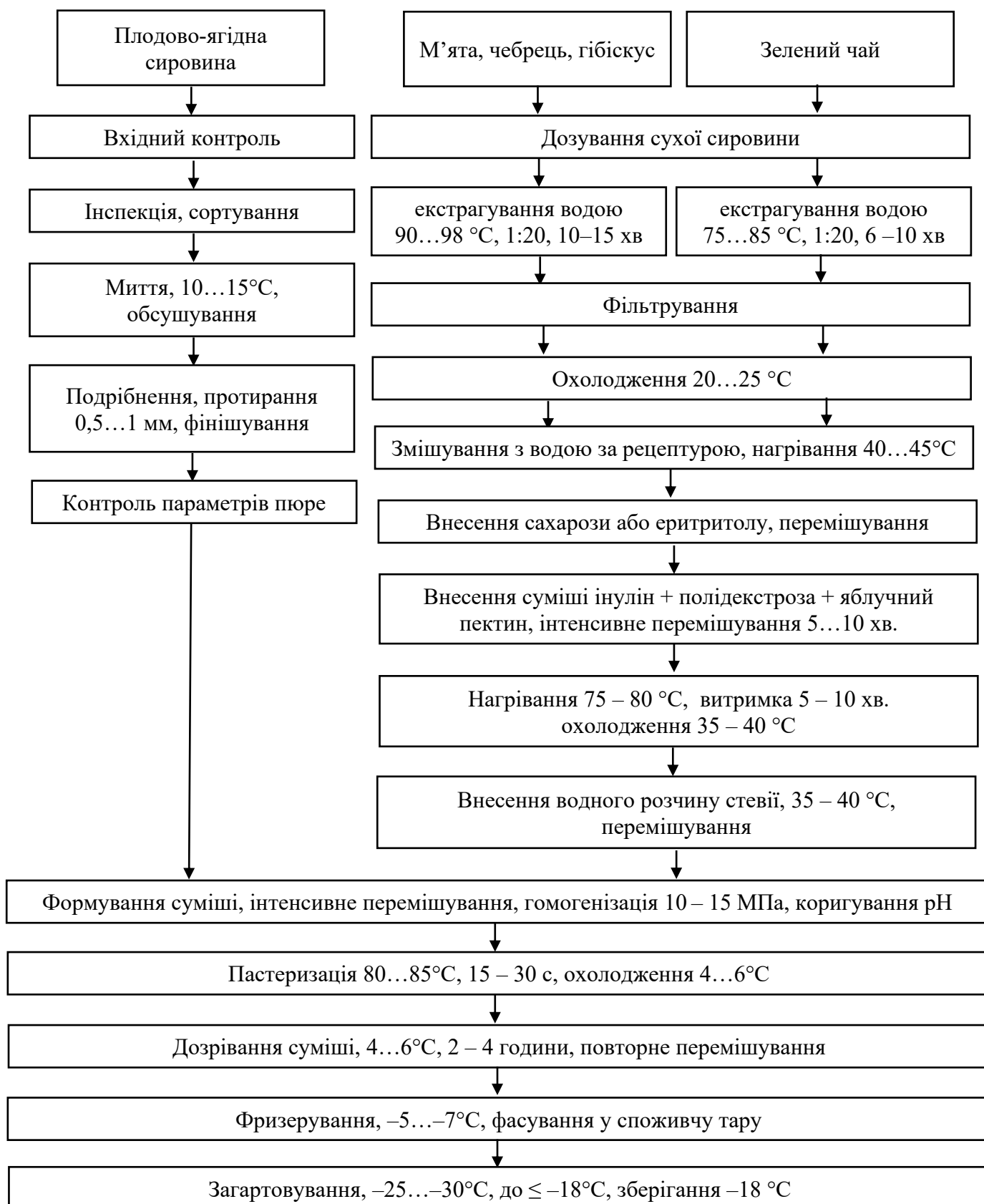


Рис. 4.1. Розроблена технологічна схема виробництва сорбету антиоксидантної дії на основі плодово – ягідної сировини.

теплової обробки, дозрівання суміші, фризрування, фасування, загартування та низькотемпературного зберігання.

Технологічний процес розпочинають з приймання плодово-ягідної сировини, її інспектування та сортування на інспекційних столах або стрічкових сортувальних конвеєрах, видалення сторонніх домішок і дефектних екземплярів, після чого сировину мийуть у мийних машинах барабанного або флотаційного типу питною водою температурою 10 – 15 °С та обсушують на віброситах або повітряних сушильних модулях. Подрібнення виконують у промислових подрібнювачах, колоїдних млинах або протиральних машинах із подальшим протиранням на фінішерах із розміром отворів 0,5 – 1,0 мм для сировини з підвищеним вмістом насіння та шкірки, що забезпечує вирівнювання текстури і підвищення відтворюваності консистенції готового сорбету. На етапі підготовки пюре здійснюють контроль вихідних фізико-хімічних параметрів як важливих характеристик для коректного формування рецептурної композиції й подальшої стабільності кольору та смаку продукту.

Водні настої лікарських і пряно-ароматичних рослин для кожного рецептурного варіанта готують окремо у екстракційних котлах із паровою сорочкою або у термостатованих змішувальних ємностях із мішалками, використовуючи контрольовані режими екстрагування, узгоджені з лабораторним протоколом. Для м'яти та чебрецю застосовують воду температурою 90 – 95 °С у співвідношенні рослинна сировина : вода 1:20 з тривалістю настоювання 10 – 15 хв, що забезпечує ефективний перехід летких ароматичних компонентів і фенольних сполук без формування різкого сенсорного профілю. Для гібіскусу екстракцію проводять водою температурою 95 – 98 °С у тому самому співвідношенні з витримкою 12 – 15 хв для максимального переходу антоціанів і органічних кислот та формування інтенсивного стабільного забарвлення. Для зеленого чаю, як термочутливої сировини, застосовують режим 75 – 85 °С упродовж 6 – 10 хв з метою обмеження екстракції компонентів, що зумовлюють надмірну гіркоту, та збереження збалансованого смако-ароматичного профілю. Після екстрагування настої фільтрують через сітчасті фільтри, фільтр-преси або

рукавні фільтри для видалення нерозчинних часток, охолоджують у пластинчастих теплообмінниках до 20 – 25 °С та, за потреби, коригують об'єм охолодженою питною водою для забезпечення заданої масової частки настою у рецептурі. Дозування настоїв у виробничому процесі виконують об'ємними чи масовими дозаторами з контролем витрат, підтримуючи однаковий уміст цього компонента в контрольних і дослідних зразках.

Приготування сорбетної суміші здійснюють шляхом формування водної фази, до складу якої входять питна вода, відповідний рослинний настій та підсолоджувальна система. Компоненти завантажують у змішувальні ємності з мішалками (резервуари для приготування сумішей, сироповарильні котли) та підігривають до 40 – 45 °С за постійного перемішування. У контрольних зразках за цієї температури вносять сахарозу і забезпечують її повне розчинення. У дослідних зразках послідовно вводять еритритол, після чого додають попередньо змішані сухі компоненти – інулін, полідекстрозу та яблучний пектин – із використанням бункерів-дозаторів або вакуумних порошкових інжекторів, що мінімізує пиління та запобігає агломерації. Для забезпечення рівномірної гідратації гідроколоїдів і активації структуроутворювальних властивостей пектину суміш нагрівають до 75 – 80 °С і витримують за цієї температури 5 – 10 хв у термостатованій ємності або на ділянці пастеризаційного контуру з витримувачем, після чого охолоджують до 35 – 40 °С. Високоінтенсивний підсолоджувач стевіолглікозидного походження вводять у вигляді попередньо приготовленого водного розчину на завершальному етапі формування водної фази, що забезпечує точність дозування та рівномірний розподіл у системі.

Після стабілізації водної фази у змішувальну ємність дозовано вводять підготовлене плодово-ягідне пюре і проводять інтенсивне перемішування до повної гомогенізації суміші. Для підвищення дисперсності та стабільності системи суміш доцільно піддавати гомогенізації у промислових гомогенізаторах при тиску 10 – 15 МПа, що забезпечує вирівнювання текстури, зменшення розміру часток і підвищення відтворюваності реологічних властивостей. Регулювання кислотності здійснюють додаванням розчину лимонної кислоти з одночасним контролем

активної кислотності, підтримуючи рН у діапазоні, оптимальному для стабільності антоціанових пігментів і формування збалансованого смакового профілю. Для підвищення мікробіологічної безпечності й відтворюваності структурних характеристик сорбетну суміш піддають короткочасній тепловій обробці в пластинчастому або трубчастому пастеризаторі за температури 80 – 85 °С з витримкою 15 – 30 с, після чого здійснюють швидке охолодження у теплообміннику до 4 – 6 °С і направляють у резервуари дозрівання.

Стадію дозрівання суміші проводять у холодильних ємностях із мішалками при температурі 4 – 6 °С протягом 2 – 4 год, забезпечуючи завершення гідратації пектину, харчових волокон та інших гідрофільних компонентів, стабілізацію в'язкісних характеристик і підвищення технологічної керованості процесу фризеравання. Після дозрівання суміш повторно перемішують і подають на фризеравання. Заморожування здійснюють у фризерах до досягнення напівзамороженої пластичної консистенції з температурою маси $-5...-7$ °С. У процесі фризеравання реалізується часткове насичення продукту повітрям і формування дрібнокристалічної структури льоду.

Напівзаморожений сорбет після виходу з фризера дозують і фасують у споживчу тару за допомогою дозувально-фасувальних автоматів або напівавтоматів, після чого продукт направляють на загартування. Загартування здійснюють у морозильних камерах або тунелях швидкого заморожування при температурі $-25...-30$ °С до досягнення температури в центрі продукту не вище -18 °С. Після загартування сорбет зберігають у холодильних складах при температурі -18 ± 2 °С з дотриманням безперервності холодового ланцюга на етапах складування, транспортування та реалізації, що є критичним для збереження структурної стабільності, кольору та сенсорних властивостей продукту.

Висновок до розділу 4

1. Установлено, що розроблена технологічна схема виробництва сорбетів антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини забезпечує

- формування стабільної замороженої системи з відтворюваними структурними та сенсорними характеристиками за рахунок чітко регламентованих режимів підготовки сировини та перебігу основних технологічних операцій.
2. Окреме приготування водних настоїв рослинної сировини за оптимізованих температурних режимів (75 – 98 °C) і тривалості екстрагування (6 – 15 хв) дозволяє ефективно вилучати біологічно активні сполуки та керувати смако-ароматичним і кольоровим профілем сорбетів.
 3. Формування водної фази при 40 – 45 °C, активація пектину при 75 – 80 °C з витримкою 5 – 10 хв, короткочасна пастеризація суміші при 80 – 85 °C (15 – 30 с) та дозрівання при 4 – 6 °C протягом 2 – 4 год забезпечують стабілізацію реологічних властивостей і підготовку системи до фризеравання.
 4. Фризеравання до температури маси –5...–7 °C з подальшим загартуванням при –25...–30 °C до температури в центрі продукту не вище –18 °C забезпечує формування дрібнокристалічної структури льоду та стабільність якості готового сорбету.
 5. Узгодженість параметрів промислової технологічної схеми з лабораторним протоколом приготування дослідних зразків підтверджує можливість масштабування процесу без втрати структурно-механічних, фізико-хімічних та органолептичних показників.

РОЗДІЛ 5

SWOT-АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СОРБЕТУ АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ

Оцінювання ефективності розробленої технології сорбетів антиоксидантної дії потребує не лише аналізу окремих показників якості, але й узагальненого бачення сильних і обмежувальних чинників, що визначають її практичну придатність. На відміну від класичних десертних продуктів, сорбети функціонального спрямування формуються на перетині технологічних, фізіологічних і сенсорних вимог, де покращення одного параметра може супроводжуватися появою нових технологічних викликів.

Саме тому SWOT-аналіз у даному дослідженні розглядається як інструмент інтеграції експериментальних результатів, що дозволяє оцінити баланс між функціональною цінністю, технологічною стабільністю та споживчою привабливістю розроблених сорбетів.

У таблиці 5.1 наведено аналіз сильних і слабких сторін розробленої технології виробництва сорбетів антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини з урахуванням результатів фізико-хімічних, структурно-механічних, функціональних, енергетичних та органолептичних досліджень

Таблиця 5.1

Аналіз сильних та слабких сторін розробленої технології виробництва сорбетів антиоксидантної дії

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Високий вміст біологічно активних речовин, зокрема фенольних сполук (до 402 мг/100 г) та аскорбінової кислоти (до 41,2 мг/100 г), що забезпечує виражену антиоксидантну спрямованість продукту	Відносно висока кислотність плодово-ягідної основи (рН 3,05–3,39), що може обмежувати споживання продукту для окремих груп споживачів
Знижена енергетична цінність експериментальних сорбетів (76 – 79 ккал/100 г) порівняно з традиційними аналогами	Обмежена тривалість зберігання готового продукту через відсутність консервантів та високу частку водної фази

Низький глікемічний індекс експериментальних зразків (26 – 30 в.о.), що дозволяє рекомендувати продукт для раціонів з контрольованим вуглеводним навантаженням	Підвищені вимоги до точності дозування альтернативної системи солодкості для запобігання появи сторонніх присмаків
Поліпшені структурні характеристики: підвищений вміст повітря, знижена швидкість танення, підвищена стійкість форми при таненні	Чутливість структури сорбету до коливань температури під час зберігання та реалізації
Високі органолептичні показники та гармонійний смаковий профіль, сформований за рахунок поєднання плодово-ягідних купажів і рослинних настоїв	Необхідність підбору оптимальних купажів сировини для уникнення надмірної терпкості або кислотності
Використання натуральної рослинної сировини та відсутність штучних барвників і ароматизаторів	Вища собівартість окремих варіантів через використання функціональних інгредієнтів і ягідної сировини
Гнучкість рецептури, що дозволяє адаптувати продукт під різні споживчі запити (низькокалорійний, функціональний, десертний)	Потреба у спеціалізованому обладнанні для фризювання та контролю структури продукту

Проведений аналіз показав, що розроблена технологія сорбетів характеризується домінуванням сильних сторін, пов'язаних із високою антиоксидантною активністю, зниженою енергетичною цінністю та низьким глікемічним індексом, що підтверджує її оздоровчу спрямованість. Поліпшені структурно-механічні та органолептичні показники експериментальних зразків свідчать про технологічну доцільність використання альтернативної системи солодкості та харчових волокон.

Виявлені слабкі сторони мають переважно технологічний характер і не є критичними, оскільки можуть бути скориговані шляхом оптимізації рецептурного складу, режимів фризювання та умов зберігання.

Визначені сильні та слабкі сторони розробленої технології сорбетів антиоксидантної дії створюють підґрунтя для оцінювання зовнішніх чинників, які можуть як сприяти її практичному впровадженню, так і обмежувати його. У зв'язку

з цим доцільним є аналіз сприятливих можливостей та потенційних загроз реалізації технології у виробничих і ринкових умовах (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Аналіз сприятливих можливостей та загроз впровадження технології виробництва сорбетів антиоксидантної дії

Сприятливі можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Зростання попиту на низькокалорійні та функціональні десерти з натуральним складом	Висока конкуренція з боку традиційних заморожених десертів та імпортованих аналогів
Актуальність продуктів з низьким глікемічним індексом для споживачів, орієнтованих на здорове харчування	Обмежена поінформованість споживачів щодо функціональних переваг сорбетів антиоксидантної дії
Можливість позиціонування сорбетів як сезонного та преміального продукту з локальної сировини	Коливання цін і сезонність постачання плодово-ягідної сировини
Використання натуральних ягід і рослинних настоїв як конкурентної переваги на ринку	Чутливість якості продукту до порушень температурного режиму під час транспортування та зберігання
Перспективи розширення асортименту за рахунок варіативності купажів плодово-ягідної сировини та рослинних компонентів	Підвищені вимоги до контролю технологічних параметрів фризеравання
Можливість впровадження технології у закладах ресторанного господарства та малих виробництвах	Вища собівартість експериментальних зразків порівняно з традиційними сорбетами
Відповідність сучасним тенденціям сталого та «чистого» харчування	Потенційні регуляторні обмеження щодо використання окремих функціональних інгредієнтів

Проведений аналіз показав, що розроблена технологія сорбетів антиоксидантної дії має значний потенціал для практичного впровадження завдяки відповідності сучасним тенденціям здорового та функціонального харчування. Поєднання низької енергетичної цінності, низького глікемічного індексу та використання натуральної плодово-ягідної і рослинної сировини створює сприятливі умови для позиціонування продукту на ринку функціональних заморожених десертів.

Водночас реалізація технології потребує врахування низки зовнішніх обмежень, зокрема сезонності сировинної бази, чутливості якості сорбетів до температурних коливань та підвищених вимог до технологічної дисципліни під час фризювання і зберігання. Однак зазначені загрози не мають системного характеру і можуть бути мінімізовані шляхом оптимізації логістики, контролю режимів зберігання та гнучкого формування асортименту, що підтверджує практичну перспективність впровадження розробленої технології.

Систематизовані сильні й слабкі сторони розробленої технології сорбетів антиоксидантної дії, а також ідентифіковані сприятливі можливості та потенційні загрози створили передумови для формування інтегрованої матриці SWOT-стратегій (табл. 5.3), яка дозволяє обґрунтувати практичні напрями впровадження та подальшого розвитку технології виробництва функціональних заморожених десертів.

Таблиця 5.3

Матриця SWOT-стратегій впровадження технології виробництва сорбетів антиоксидантної дії

	Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
Можливості (O)	SO – стратегії розвитку	WO – стратегії розвитку з компенсацією слабких сторін
	<ul style="list-style-type: none"> Використати поєднання низької енергетичної цінності (76 – 79 ккал/100 г), низького глікемічного індексу (26 – 30) та високого вмісту фенольних речовин (до 402 мг/100 г) і аскорбінової кислоти (до 41,2 мг/100 г) для позиціонування сорбетів у сегменті функціональних та оздоровчих десертів. Застосувати підвищену структурну стабільність експериментальних зразків (вміст повітря до 35,8 %, знижена швидкість танення, підвищена стійкість форми) для розширення асортименту продукції для закладів 	<ul style="list-style-type: none"> Компенсувати підвищену кислотність плодово-ягідної основи шляхом оптимізації купажів пюре та використання пом'якшувальних компонентів (груша, малина) без зниження антиоксидантної цінності. Нівелювати сезонну варіабельність складу сировини через купажування пюре та використання замороженої ягідної сировини зі стандартизованими показниками.

	ресторанного господарства та сезонних форматів реалізації. • Використати натуральний склад, різноманіття плодово-ягідних купажів і рослинних настоїв як основу для формування преміального та локального продукту без штучних добавок.	• Зменшити ризик появи небажаних сенсорних відхилень шляхом фіксації оптимального складу альтернативної системи солодкості та контролю режимів фризювання.
Загрози (Т)	ST – стратегії захисту з опорою на сильні сторони	WT – стратегії мінімізації ризиків
	• Використати високі органолептичні показники (загальна оцінка до 4,65 бали) та чітку диференціацію смакових профілів для підвищення конкурентоспроможності продукту на фоні традиційних сорбетів. • Застосувати антиоксидантну спрямованість і низьке глікемічне навантаження як ключові аргументи для протидії цінovій конкуренції з масовими десертами.	• Мінімізувати ризики, пов'язані з температурною нестабільністю під час зберігання і транспортування, шляхом регламентації холодового ланцюга та рекомендацій щодо умов реалізації. • Знизити вплив коливань собівартості сировини шляхом варіативності купажів і поетапного оновлення асортименту без зміни базової технологічної схеми.

Матриця SWOT-стратегій свідчить, що розроблена технологія сорбетів антиоксидантної дії має чітко виражений потенціал розвитку за рахунок поєднання функціональної цінності, сенсорної привабливості та технологічної гнучкості, а виявлені ризики можуть бути ефективно мінімізовані шляхом оптимізації рецептурних і технологічних рішень.

Висновки до розділу 5

1. Установлено, що розроблена технологія виробництва сорбетів антиоксидантної дії характеризується збалансованим поєднанням сильних сторін і сприятливих можливостей, які суттєво переважають виявлені слабкі сторони та потенційні загрози.

2. Результати SWOT-аналізу підтвердили, що низька енергетична цінність (76 – 79 ккал/100 г), низький глікемічний індекс (26 – 30 в.о.), високий вміст фенольних речовин (до 402 мг/100 г) і аскорбінової кислоти (до 41,2 мг/100 г), а також високі органолептичні показники (до 4,65 бали) формують стійкі конкурентні переваги розроблених сорбетів.
3. Виявлені слабкі сторони і загрози мають переважно технологічний та організаційний характер і можуть бути ефективно мінімізовані шляхом оптимізації рецептурного складу, стандартизації купажів плодово-ягідної сировини, контролю режимів фризрування та дотримання умов холодового ланцюга.
4. Таким чином, SWOT-аналіз підтверджує практичну доцільність і перспективність впровадження розробленої технології у виробництво функціональних заморожених десертів.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Нормативно-правова база з охорони праці при виробництві сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини

Організація безпечних умов праці під час виробництва сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини здійснюється відповідно до системи нормативно-правових актів України, які визначають загальні принципи забезпечення права працівників на безпеку, охорону здоров'я та захист у разі виникнення небезпечних або надзвичайних ситуацій. Зазначені документи формують правове підґрунтя для регламентації виробничих процесів харчової промисловості з урахуванням специфіки використання електромеханічного, теплового та холодильного обладнання.

Базовим нормативним актом, що закріплює право кожного громадянина на належні, безпечні та здорові умови праці, є Конституція України [64]. Вона визначає охорону життя і здоров'я людини як одну з найвищих соціальних цінностей держави та покладає на роботодавця обов'язок створення умов праці, які не становлять загрози для працівників. Це положення є фундаментальним для всіх галузей промисловості, зокрема харчової, де виробничі процеси поєднують дію фізичних, термічних і електричних чинників.

Найголовнішим спеціалізованим нормативно-правовим актом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці» [65], який встановлює загальні вимоги щодо організації безпечних умов праці, прав та обов'язків роботодавців і працівників, а також систему управління охороною праці на підприємствах. Для виробництва сорбетів цей закон має практичне значення, оскільки регламентує безпечну експлуатацію технологічного обладнання, проведення інструктажів, навчання персоналу, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та профілактику виробничого травматизму.

Соціальний захист працівників у разі нещасних випадків або професійних захворювань забезпечується відповідно до Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» [66]. Цей документ визначає механізми страхового захисту працівників, порядок відшкодування шкоди здоров'ю та фінансову підтримку у разі втрати працездатності. Його положення є важливими для підприємств харчової промисловості, де робота пов'язана з підвищеним ризиком опіків, обморожень, механічних ушкоджень і впливу шуму.

Забезпечення пожежної безпеки під час виробництва сорбетів регламентується Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом Міністерства внутрішніх справ України [67]. Вимоги цього нормативного документа поширюються на приміщення з використанням електрообладнання, холодильних установок, теплових агрегатів і систем вентиляції. Дотримання правил пожежної безпеки є обов'язковою умовою експлуатації виробничих приміщень, оскільки дозволяє запобігти виникненню пожеж, мінімізувати ризики для персоналу та забезпечити безпечну евакуацію у разі аварійної ситуації.

Особливе значення для виробництва сорбету має Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [68], який визначає вимоги не лише до безпечності продукції, а й до умов її виробництва. Документ встановлює необхідність дотримання санітарно-гігієнічних норм, контролю виробничого середовища та забезпечення належного стану обладнання і робочих зон, що безпосередньо впливає на безпеку праці персоналу і споживачів.

Питання захисту персоналу та виробничих об'єктів у разі надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру регламентуються Кодексом цивільного захисту України [69]. Цей нормативно-правовий акт визначає порядок дій у разі аварій, пожеж, відключення електропостачання, витоку холодоагентів або інших небезпечних подій, а також встановлює вимоги щодо планування заходів цивільного захисту та підготовки персоналу до дій в умовах надзвичайних ситуацій.

Таким чином, нормативно-правова база з охорони праці при виробництві сорбету антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини є комплексною та

охоплює питання безпеки праці, пожежної безпеки, соціального захисту працівників, безпечності харчових продуктів і цивільного захисту. Дотримання вимог зазначених документів забезпечує належний рівень безпеки виробничого процесу та створює правові умови для стабільного функціонування підприємства.

6.2 Вимоги до території підприємства та облаштування споруд і приміщень при виробництві сорбетів

Територія підприємства та планувально-конструктивні рішення виробничих будівель є важливими елементами системи охорони праці та виробничої безпеки, оскільки вони визначають умови пересування персоналу, організацію виробничих потоків, рівень санітарно-гігієнічної безпеки та можливість запобігання аварійним і надзвичайним ситуаціям. Для підприємств з виробництва сорбетів, технологія яких поєднує операції теплової обробки, екстрагування, фризеравання та низькотемпературного зберігання, особливого значення набуває чітке зонування території, раціональне розміщення будівель і відповідність приміщень вимогам безпечної експлуатації обладнання.

Вимоги до території, споруд і приміщень повинні забезпечувати санітарну ізоляцію виробництва, безпечні умови праці, зручність евакуації персоналу та дотримання принципів поточності технологічного процесу без перехрещення «чистих» і «брудних» потоків. Вони сформульовані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Вимоги до території, будівель і приміщень підприємства

Об'єкт / елемент	Основні вимоги	Значення для безпеки праці
Територія підприємства	Чітке функціональне зонування; тверде покриття проїздів і пішохідних доріжок; організоване водовідведення; освітлення території у темний час доби	Запобігання травматизму, безпечне пересування персоналу та транспорту
Під'їзні шляхи	Окремі шляхи для сировини та готової продукції; можливість під'їзду пожежної техніки	Зменшення ризику аварій, забезпечення пожежної безпеки

Виробничі будівлі	Розміщення з урахуванням рози вітрів; наявність евакуаційних виходів; відповідність протипожежним нормам	Захист персоналу у разі аварій і пожеж
Виробничі приміщення	Достатня площа для безпечної експлуатації обладнання; неслизькі підлоги; стійкість до вологи та низьких температур	Зниження ризику падінь, опіків, обморожень
Приміщення з тепловими процесами	Відокремлення від холодних зон; теплоізоляція; місцева вентиляція	Захист від дії високих температур і пари
Холодильні та морозильні камери	Теплоізольовані конструкції; аварійні кнопки відкривання; антиковзкі підлоги	Запобігання переохолодженню та блокуванню персоналу
Складські приміщення	Раціональне розміщення стелажів; обмеження висоти штабелювання; маркування проходів	Запобігання механічним травмам
Побутові приміщення	Окремі роздягальні, душові, санітарні вузли; санітарні пропускники	Дотримання гігієни праці та санітарної безпеки

Дотримання вимог до території підприємства та облаштування споруд і приміщень при виробництві сорбетів забезпечує формування безпечного виробничого середовища та зниження ризику травматизму. Раціональне зонування території, відокремлення теплових і низькотемпературних зон, а також відповідність виробничих приміщень санітарно-гігієнічним і протипожежним нормам створюють передумови для безпечної експлуатації технологічного обладнання [70].

6.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів і заходи, щодо оптимізації умов праці при виробництві сорбетів

Виробництво сорбетів належить до технологічних процесів харчової промисловості, що характеризуються поєднанням механічних, теплових, електричних і мікрокліматичних впливів на працівників. Застосування подрібнювального, теплового, холодильного та обладнання для фризрування,

робота з гарячими середовищами, водяною парою та низькими температурами формують комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я персоналу за відсутності належних профілактичних заходів.

Аналіз цих факторів (табл. 6.2) є необхідним елементом системи охорони праці, оскільки дозволяє своєчасно ідентифікувати потенційні ризики, оцінити їхній вплив на працівників і обґрунтувати комплекс технічних, організаційних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на оптимізацію умов праці при виробництві сорбетів.

Таблиця 6.2

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори і заходи з їх мінімізації

Група факторів	Джерело виникнення	Можливий вплив на працівників	Заходи щодо оптимізації умов праці
Механічні	Подрібнювачі, мішалки, фризери, транспортери	Порізи, забої, зтягування рухомими частинами	Захисні кожухи; блокувальні пристрої; інструктаж персоналу
Термічні (високі температури)	Пастеризатори, варильні ємності, гарячі настої	Опіки, теплове перевантаження	Теплоізоляція обладнання; захисні рукавиці; локальна вентиляція
Термічні (низькі температури)	Морозильні камери, загартовувальні тунелі	Переохолодження, обмороження	Теплий спецодяг; обмеження часу перебування; аварійні кнопки виходу
Електричні	Електродвигуни, щити керування, кабельні мережі	Ураження електричним струмом	Заземлення; справні електромережі; регулярний техогляд
Фізичні (шум, вібрація)	Подрібнювальне і холодильне обладнання	Втома, зниження працездатності	Амортизаційні опори; шумоізоляція; регламентовані перерви

Хімічні	Мийні та дезінфекційні засоби	Подразнення шкіри, слизових оболонок	Дотримання інструкцій; використання рукавиць і окулярів
Мікрокліматичні	Підвищена вологість, перепади температур	Простудні захворювання, зниження комфорту	Загальнообмінна вентиляція; стабілізація температурних режимів
Психофізіологічні	Монотонність операцій, змінний режим праці	Підвищена втома, зниження уваги	Раціональна організація робочих місць; чергування операцій

Проведений аналіз свідчить, що при виробництві сорбетів основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є механічні впливи рухомих частин обладнання, дія високих і низьких температур, електричні ризики, а також несприятливі мікрокліматичні умови. Їхній вплив може призводити до травматизму, професійних захворювань і зниження працездатності персоналу.

Реалізація комплексу технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів, зокрема застосування захисних пристроїв, тепло- та шумоізоляції, засобів індивідуального захисту, ефективною вентиляції та раціональної організації робочих місць, дозволяє суттєво знизити рівень виробничих ризиків і забезпечити оптимальні умови праці при виробництві сорбетів.

6.4 Засоби індивідуального захисту при виробництві сорбетів

Застосування засобів індивідуального захисту є обов'язковою складовою системи охорони праці на підприємствах харчової промисловості та спрямоване на зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників. Виробництво сорбетів характеризується поєднанням механічних операцій, роботи з гарячими середовищами під час екстрагування та пастеризації, а також впливом низьких температур у холодильних і морозильних камерах, що зумовлює

необхідність використання комплексу спеціалізованих засобів індивідуального захисту.

Засоби індивідуального захисту повинні підбиратися з урахуванням характеру виконуваних робіт, умов виробничого середовища та вимог санітарії харчових виробництв, забезпечуючи не лише безпеку персоналу, а й дотримання гігієнічних вимог до харчових продуктів.

Таблиця 6.3

Засоби індивідуального захисту персоналу при виробництві сорбетів

Виробничий фактор	Категорія працівників	Засоби індивідуального захисту	Призначення
Механічні впливи (рухомі частини обладнання)	Оператори подрібнювачів, фрізерів	Халати або комбінезони без вільних елементів, захисні рукавиці	Захист від порізів і зтягування
Високі температури	Працівники пастеризаційної та екстракційної дільниць	Термостійкі рукавиці, фартухи, нарукавники	Захист від опіків і гарячих бризок
Низькі температури	Персонал холодильних і морозильних камер	Утеплений спецодяг, терморухавиці, взуття з теплоізоляцією	Запобігання переохолодженню та обмороженню
Підвищена вологість	Працівники виробничих приміщень	Водонепроникне взуття з неслизькою підошвою	Зменшення ризику падінь і простуд
Хімічні речовини (мийні та дезінфекційні засоби)	Працівники санітарної обробки	Захисні окуляри, гумові рукавиці, фартухи	Захист шкіри та слизових оболонок
Біологічні фактори	Весь виробничий персонал	Санітарний одяг, головні убори, одноразові рукавиці	Дотримання гігієни та безпечності продукції
Шум і вібрація	Оператори обладнання	Протишумні вкладки або навушники (за потреби)	Зменшення впливу шуму

Аналіз умов праці при виробництві сорбетів свідчить, що використання засобів індивідуального захисту є необхідним для мінімізації ризиків, пов'язаних із дією механічних, термічних, хімічних та мікрокліматичних факторів. Найбільш небезпечними є роботи з тепловим обладнанням і в умовах низьких температур, що потребує застосування спеціалізованого термостійкого та утепленого спецодягу.

Систематичне забезпечення персоналу відповідними засобами індивідуального захисту, їх правильне використання та регулярний контроль технічного стану дозволяють суттєво знизити рівень виробничого травматизму, забезпечити безпечні умови праці та дотримання санітарно-гігієнічних вимог при виробництві сорбетів.

6.5 Пожежна безпека та заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека та цивільний захист є невід'ємними складовими системи охорони праці на підприємствах харчової промисловості, зокрема при виробництві сорбетів, технологія яких пов'язана з експлуатацією електромеханічного обладнання, теплових установок, холодильних і морозильних систем. Наявність електрообладнання, горючих матеріалів, ізоляційних покриттів і допоміжних пакувальних матеріалів зумовлює необхідність впровадження комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на запобігання пожежам і мінімізацію їхніх наслідків.

Система пожежної безпеки на підприємстві повинна включати дотримання вимог щодо протипожежного планування приміщень, утримання евакуаційних шляхів у вільному та справному стані, оснащення виробничих і складських зон первинними засобами пожежогасіння, а також регулярний контроль технічного стану електромереж і електрообладнання. Особлива увага приділяється заземленню, захисту від короткого замикання та недопущенню перевантаження електричних мереж, що є однією з найпоширеніших причин виникнення пожеж на харчових підприємствах.

Важливим елементом забезпечення пожежної безпеки є підготовка персоналу. Усі працівники повинні проходити вступний, первинний, повторний та позаплановий інструктажі з пожежної безпеки, а також періодичне навчання з відпрацюванням дій у разі виникнення пожежі. Працівники мають бути ознайомлені з правилами користування вогнегасниками, схемами евакуації, місцями розташування аварійних виходів і порядком оповіщення відповідних служб. Проведення навчальних евакуацій та протипожежних тренувань дозволяє знизити рівень паніки й підвищити готовність персоналу до дій у критичних ситуаціях.

Заходи цивільного захисту на підприємстві охоплюють організацію дій персоналу у разі надзвичайних ситуацій техногенного, природного або соціального характеру. Для виробництва сорбетів такими ситуаціями можуть бути аварійне відключення електроенергії, вихід з ладу холодильного обладнання, пожежа, витік холодоагенту, а також загрози, пов'язані з воєнними діями. У сучасних умовах України питання цивільного захисту набуває особливої актуальності у зв'язку з ризиком ракетних і артилерійських обстрілів, повітряних тривог і тривалих перебоїв у електропостачанні.

У разі повітряної тривоги персонал підприємства повинен діяти відповідно до затверджених планів евакуації та негайно прямувати до захисних споруд або укриттів, розташованих у безпечній зоні. Робота обладнання має бути зупинена у безпечному режимі, а електроживлення – за можливості відключене для запобігання аварійним ситуаціям. Для зниження ризиків, пов'язаних з аварійним знеструмленням, на підприємстві доцільно передбачати резервні джерела електроживлення для критично важливих систем, зокрема холодильного обладнання та систем освітлення евакуаційних шляхів.

Підготовка персоналу до дій в умовах воєнних загроз включає проведення цільових інструктажів з цивільного захисту, інформування про сигнали оповіщення, порядок дій під час обстрілів і після їх завершення, а також психологічну готовність до роботи в умовах підвищеного стресу. Узгодженість дій керівництва та працівників, наявність актуальних планів реагування і регулярне

навчання є ключовими чинниками зменшення людських втрат і матеріальних збитків.

Висновки до розділу 6

- 1 У ході розгляду питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при виробництві сорбетів антиоксидантної дії на основі плодово-ягідної сировини встановлено, що безпечна організація технологічного процесу потребує комплексного підходу, який поєднує нормативно-правове регулювання, раціональне планування території та приміщень, ідентифікацію небезпечних і шкідливих виробничих факторів, застосування засобів індивідуального захисту, а також впровадження заходів пожежної безпеки та цивільного захисту.
- 2 Визначено, що специфіка виробництва сорбетів, пов'язана з використанням електромеханічного, теплового та холодильного обладнання, формує підвищені вимоги до організації робочих місць, мікроклімату виробничих приміщень і підготовки персоналу.
- 3 Показано, що дотримання вимог чинного законодавства України з охорони праці, пожежної безпеки, безпечності харчових продуктів і цивільного захисту дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму, професійних захворювань та аварійних ситуацій.
- 4 Особливу увагу в розділі приділено заходам реагування на надзвичайні ситуації в умовах сучасних реалій України, зокрема воєнних загроз, повітряних тривог і аварійних відключень електроенергії, що підкреслює практичну значущість розроблених рекомендацій.

ВИСНОВКИ

- 1 У результаті аналізу наукових джерел і сучасних тенденцій у сфері функціональних заморожених десертів встановлено доцільність використання плодово-ягідної сировини у поєднанні з рослинними настоями та альтернативними системами солодкості для створення сорбетів антиоксидантної дії з пониженою енергетичною цінністю та покращеними споживними властивостями.
- 2 Розроблено експериментальну схему рецептур сорбетів, що передбачає фіксований вміст плодово-ягідного пюре (50 %), варіювання його купажного складу та виду рослинного настою, а також заміну сахарози на комбіновану систему підсолоджувачів (еритритол, інουλін, полідекстроза, стевія), що дозволило сформувати контрольні й експериментальні зразки для комплексної оцінки їх фізико-хімічних, антиоксидантних і органолептичних показників.
- 3 Показано, що застосування багатокomпонентної підсолоджувальної системи у сорбетних сумішах дозволяє знизити вміст цукрів у 2,9 рази при одночасному підвищенні в'язкості на 56 – 62 %, не змінюючи істотно кислотні характеристики системи, що створює передумови для формування стабільної структури сорбетів зі зниженою цукристістю.
- 4 Встановлено, що фризювання не спричиняє істотних змін фізико-хімічних показників сорбету: вміст розчинних сухих речовин становить 20,1...25,1 %, активна кислотність – рН 3,05...3,39, титрована кислотність – 0,128...0,194 %, а активність води – 0,951...0,965. Експериментальні зразки характеризуються нижчими значеннями a_w порівняно з контрольними, що свідчить про зменшення частки вільної вологи у готовому продукті та підтверджує стабільність фізико-хімічних характеристик розроблених сорбетів.
- 5 Експериментальні зразки сорбету відзначаються підвищеним вмістом повітря, зниженою швидкістю танення та більшою стійкістю форми при таненні, що підтверджує їхню структурну стабільність і кращі споживчі властивості порівняно з контрольними зразками.

- 6 Експериментальні сорбети характеризуються підвищеним вмістом фенольних речовин (276 – 402 мг/100 г) та аскорбінової кислоти (28,9 – 41,2 мг/100 г) порівняно з контрольними зразками, що підтверджує їх виражену антиоксидантну спрямованість та доцільність використання як функціональних заморожених десертів.
- 7 Енергетична цінність експериментальних сорбетів становить 76 – 79 ккал/100 г, що на 26 – 30 ккал/100 г нижче порівняно з контрольними зразками (104 – 108 ккал/100 г), що підтверджує їхню низькокалорійну та оздоровчу спрямованість.
- 8 Глікемічний індекс експериментальних сорбетів становить 26 – 30, що більш ніж удвічі нижче порівняно з контрольними зразками (64 – 67) та підтверджує їх придатність для раціонів з обмеженим глікемічним навантаженням.
- 9 Заміна сахарози на альтернативну систему солодкості забезпечує підвищення загальної органолептичної оцінки сорбетів на 0,12 – 0,42 бали за рахунок кращого розкриття природних смакових і ароматичних властивостей плодово-ягідної та рослинної сировини.
- 10 Запропонована технологічна схема сорбету з регламентованими режимами екстрагування рослинної сировини (75 – 98 °С), пастеризації суміші (80 – 85 °С), дозрівання (4 – 6 °С, 2 – 4 год), фризювання (–5...–7 °С) та загартування (–25...–30 °С) забезпечує формування стабільної дрібнокристалічної структури та може бути безпосередньо реалізована у промислових умовах.
- 11 Результати SWOT-аналізу свідчать про високу конкурентоспроможність і практичну перспективність технології сорбетів антиоксидантної дії, зумовлену поєднанням низької енергетичної цінності, низького глікемічного індексу, високого вмісту біологічно активних речовин та високих органолептичних показників.
- 12 Доведено, що впровадження комплексу організаційних, технічних і навчальних заходів з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту забезпечує безпечні умови виробництва сорбетів і мінімізує ризики для персоналу в умовах штатної роботи та надзвичайних ситуацій, зокрема в період воєнних загроз.

Список використаної літератури

1. Palka, A., & Skotnicka, M. (2022). The health-promoting and sensory properties of tropical fruit sorbets with inulin. *Molecules*, 27(13), 4239.
2. Williams, J., McKune, A. J., & Naumovski, N. (2023). Sorbets as functional food products, unexplored food matrices, their challenges, and advancements. *Applied Sciences*, 13(21), 11945.
3. Muenprasitivej, N., Tao, R., Nardone, S. J., & Cho, S. (2022). The effect of steviol glycosides on sensory properties and acceptability of ice cream. *Foods*, 11(12), 1745.
4. Hu, Y., Zhong, F., Ding, H., Bao, S., Han, R., Wang, C., ... & Xia, Y. (2025). Machine learning-guided formulation optimization of sugar-reduced ice cream: From sweetener characteristics to texture restoration. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 104382.
5. Sadowska-Bartosz, I., & Bartosz, G. (2024). Antioxidant activity of anthocyanins and anthocyanidins: a critical review. *International journal of molecular sciences*, 25(22), 12001.
6. Serdyuk, M., Hryhorenko, O., Sukharenko, O., & Kolyadenko, V. (2020). Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (2 (4)), 126-132.
7. Serdyuk, M., Ivanova, I., Malkina, V., Kryvonos, I., Tymoshchuk, T., & Ievstafiieva, K. (2020). The formation of dry soluble substances in sweet cherry fruits under the influence of abiotic factors. *Scientific horizons*, 3(88), 127-135.
8. Сердюк М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам під час зберігання плодів та ягід. *Хімія, агрономія, сервіс*. 2010. № 7. С. 52-53.
9. Ivanova, I., Serdyuk, M., Kryvonos, I., Yeremenko, O., Tymoshchuk, T. (2020). Formation of flavoring qualities of sweet cherry fruits under the influence of

- weather factors. *Scientific Horizons*, 04 (89), 72–81. doi: 10.33249/2663-2144-2020-89-4-72-81.
10. Зарецька Д.К., Сердюк М.Є. Моделювання рецептури замороженого напівфабриката з підвищеним вмістом аскорбінової кислоти. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2020. Вип. 20. Т. 3. С. 166–175.
 11. Aguilera, J. M. (2024). Berries as foods: processing, products, and health implications. *Annual Review of Food Science and Technology*, 15.
 12. Šimerdová, B., Bobříková, M., Lhotská, I., Kaplan, J., Křenová, A., & Šatínský, D. (2021). Evaluation of anthocyanin profiles in various blackcurrant cultivars over a three-year period using a fast HPLC-DAD method. *Foods* 10: 1745.
 13. Kowalski, R., & de Mejia, E. G. (2021). Phenolic composition, antioxidant capacity and physical characterization of ten blackcurrant (*Ribes nigrum*) cultivars, their juices, and the inhibition of type 2 diabetes and inflammation biochemical markers. *Food chemistry*, 359, 129889.
 14. Xu, J., Li, F., Zheng, M., Sheng, L., Shi, D., & Song, K. (2024). A Comprehensive Review of the Functional Potential and Sustainable Applications of *Aronia melanocarpa* in the Food Industry. *Plants*, 13(24), 3557.
 15. Lee, H., Wang, Z., Deng, Z., & Wang, Y. (2024). Assessment of six blackberry cultivars using a combination of metabolomics, biological activity, and network pharmacology approaches. *Antioxidants*, 13(3), 319.
 16. Varzaru, I., Oancea, A. G., Vlaicu, P. A., Saracila, M., & Untea, A. E. (2023). Exploring the antioxidant potential of blackberry and raspberry leaves: Phytochemical analysis, scavenging activity, and in vitro polyphenol bioaccessibility. *Antioxidants*, 12(12), 2125.
 17. Ivanova, I. Ye., Serdiuk, M. Ye., Tymoshchuk, T. M., Kryvonos, I. A., & Pendrak, Ya. I. (2024). Mathematical modeling of the influence of weather factors on the formation of the polyphenol compounds pool in cherry fruits. *Visnyk of Khmelnytskyi National University. Series: Technical Sciences*, 3(1/335), 369–376. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-50>

18. Jawad, M., Hillman, A. R., & Brannan, R. G. (2025). Tart cherry (*Prunus cerasus* L.): Polyphenols, bioactivity, and bioavailability beyond exercise. *Food Bioscience*, 107612.
19. Siddiqui, S. A., Singh, S., & Nayik, G. A. (2024). Bioactive compounds from pomegranate peels-Biological properties, structure–function relationships, health benefits and food applications–A comprehensive review. *Journal of Functional Foods*, 116, 106132.
20. Liu, Q., Hua, Z., Chen, M., Liu, S., Ahmed, S., Hou, X., ... & Fang, Y. (2023). Changes in polyphenols and antioxidant properties of pomegranate peels fermented by urolithin A-producing *Streptococcus thermophilus* FUA329. *ACS Food Science & Technology*, 3(8), 1383-1392.
21. Зарецька, Д. К., Сердюк, М. Є., Кривонос, І. А., & Бандура, В. М. (2023). Заморожений напівфабрикат з додаванням обліпихи, як сировина для продуктів функціонального призначення. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*, 23(1), 199-206.
22. Grover, Y., & Negi, P. S. (2023). Recent developments in freezing of fruits and vegetables: Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates. *Journal of Food Science*, 88(12), 4799-4826.
23. Stanca, L., Bilteanu, L., Bujor, O. C., Ion, V. A., Petre, A. C., Bădulescu, L., ... & Ghimpeteanu, O. M. (2024). Development of functional foods: A comparative study on the polyphenols and anthocyanins content in chokeberry and blueberry pomace extracts and their antitumor properties. *Foods*, 13(16), 2552.
24. Lakshmikanthan, M., Muthu, S., Krishnan, K., Altemimi, A. B., Haider, N. N., Govindan, L., ... & Francis, Y. M. (2024). A comprehensive review on anthocyanin-rich foods: Insights into extraction, medicinal potential, and sustainable applications. *Journal of Agriculture and Food Research*, 17, 101245.
25. Malgor, M., Sabbione, A. C., & Scilingo, A. (2020). Amaranth lemon sorbet, elaboration of a potential functional food. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(3), 404-412.

26. Palka, A., & Wilczyńska, A. (2023). Storage quality changes in craft and industrial blueberry, strawberry, raspberry and passion fruit-mango sorbets. *Foods*, 12(14), 2733.
27. Kamińska-Dwórznička, A., Kot, A., Jakubczyk, E., Buniowska-Olejniak, M., & Nowacka, M. (2023). Effect of ultrasound-assisted freezing on the crystal structure of mango sorbet. *Crystals*, 13(3), 396.
28. Adapa, S., Schmidt, K. A., Jeon, I. J., Herald, T. J., & Flores, R. A. (2000). Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: a review. *Food Reviews International*, 16(3), 259-271.
29. Kot, A., Kamińska-Dwórznička, A., & Jakubczyk, E. (2022). Study on the influence of ultrasound homogenisation on the physical properties of vegan ice cream mixes. *Applied sciences*, 12(17), 8492.
30. Dudarev, I., Shemet, V., Sydoruk, T., Andrushchenko, M., Semenov, A., Borusiewicz, A., & Hutsol, T. (2025). Physicochemical and Sensory Properties of Frozen Dessert Containing Soy Milk. *Applied Sciences*, 15(21), 11455.
31. Gomes, A., Bourbon, A. I., Peixoto, A. R., Silva, A. S., Tasso, A., Almeida, C., ... & Alves, V. D. (2023). Strategies for the reduction of sugar in food products. In *Food structure engineering and design for improved nutrition, health and well-being* (pp. 219-241). Academic Press.
32. Hu, R., Zhang, M., Liu, W., Mujumdar, A. S., & Bai, B. (2022). Novel synergistic freezing methods and technologies for enhanced food product quality: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1979-2001.
33. Wang, Q., Sala, G., & Scholten, E. (2025). Functionality of sugars and sugar replacers in model frozen dessert systems. *Current Research in Food Science*, 101128.
34. Dragomir, N., Grigore, D. M., & Pogurschi, E. N. (2025). Beyond sugar: a holistic review of sweeteners and their role in modern nutrition. *Foods*, 14(18), 3182.
35. Canazza, E., Grauso, M., Mihaylova, D., & Lante, A. (2025). Techno-functional properties and applications of inulin in food systems. *Gels*, 11(10), 829.

36. LEAHU, A., GHINEA, C., & ROPCIUC, S. (2024). Physical and sensory properties of berry craft sorbet with inulin and effect of storage on total monomeric anthocyanins.
37. Yerenova, B., Ferrari, G., Penov, N., Almaganbetova, A., Tlevlessova, D., & Nabieva, Z. (2025). Impact of Stabilizer Type and Concentration on The Quality Attributes of Functional Melon-Based Sorbets Enriched With Fruit, Vegetable, and Berry Ingredients. *Applied Food Research*, 101416.
38. Li, M., Correa-González, Y. X., Li, T., & Wu, T. (2025). Assessing ice recrystallization inhibition effect of stabilizer in ice cream systems: Methods and influencing factors. *Food Hydrocolloids*, 160, 110743.
39. Liburdi, K., Crinò, A., Fabrizi, C., & Esti, M. (2025). Preparation and evaluation of sucrose-reduced ice cream: optimization via physiochemical and sensory study. *International Dairy Journal*, 106339.
40. Markowska, J., Tyfa, A., Drabent, A., & Stępnia, A. (2023). The physicochemical properties and melting behavior of ice cream fortified with multimineral preparation from red algae. *Foods*, 12(24), 4481.
41. Buniowska-Olejniak, M., Mykhalevych, A., Polishchuk, G., Sapiga, V., Znamirowska-Piotrowska, A., Kot, A., & Kamińska-Dwórznička, A. (2023). study of water freezing in low-fat milky ice cream with oat β -glucan and its influence on quality indicators. *Molecules*, 28(7), 2924.
42. Rocchetti, G., Becchi, P. P., Lucini, L., Cittadini, A., Munekata, P. E., Pateiro, M., ... & Lorenzo, J. M. (2022). Elderberry (*Sambucus nigra* L.) encapsulated extracts as meat extenders against lipid and protein oxidation during the shelf-life of beef burgers. *Antioxidants*, 11(11), 2130.
43. Hutsol, T., Priss, O., Kiurcheva, L., Serdiuk, M., Panasiewicz, K., Jakubus, M., ... & Kukharets, M. (2023). Mint plants (*Mentha*) as a promising source of biologically active substances to combat hidden hunger. *Sustainability*, 15(15), 11648.

44. Székelyhidi, R., Lakatos, E., Tóth, Z., & Sik, B. (2025). The effect of mint addition on the physicochemical and organoleptic properties of strawberry sorbets. *Food Chemistry: X*, 26, 102271.
45. Ait Bouzid, H., Oubannin, S., Ibourki, M., Bijla, L., Hamdouch, A., Sakar, E. H., ... & Gharby, S. (2023). Comparative evaluation of chemical composition, antioxidant capacity, and some contaminants in six Moroccan medicinal and aromatic plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47, 102569.
46. Kaloteraki, C., Almpounioti, K., Potsaki, P., Bousdouni, P., Kandyliari, A., & Koutelidakis, A. E. (2021, October). Total antioxidant capacity and phenolic content of 17 mediterranean functional herbs and wild green extracts from north aegean, Greece. In *Biology and Life Sciences Forum* (Vol. 6, No. 1, p. 43). MDPI.
47. ДСТУ 8319:2015 Смородина чорна свіжа. Технічні умови. Держспоживстандарт України, [Чинний від 2017 -07-01]. Київ, 2017. 35 с. (інформація та документація).
48. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-07:2007 Чорниця та лохина. Настанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН FFV-07:2006, IDT). Держспоживстандарт України, [Чинний від 2008 -10-01]. Київ, 2009. 27 с. (інформація та документація).
49. ДСТУ 7179:2010 Малина свіжа. Технічні умови. З поправкою. Держспоживстандарт України, [Чинний від 2011 -07-01]. Київ, 2011. 33 с. (інформація та документація).
50. ДСТУ 692:2004 Ожина свіжа. Технічні умови. Держспоживстандарт України, [Чинний від 2005 -07-01]. Київ, 2004. 22 с. (інформація та документація).
51. ДСТУ 8325:2015 Вишня свіжа. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2017 -07-01]. Київ, 2017. 39 с. (інформація та документація).
52. ДСТУ 8158:2015 Груші свіжі ранніх термінів досягання. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2017 -01-01]. Київ, 2017. 38 с. (інформація та документація).

53. ДСТУ 8326:2015 Груші свіжі середніх і пізніх термінів досягання. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2017. 31 с. (інформація та документація).
54. ДСТУ ISO 23393:2019 Плоди граната. Технічні умови та методи випробування (ISO 23393:2006, IDT). ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2019-09-01]. Київ, 2019. 43 с. (інформація та документація).
55. ДСТУ 7208:2011 Інгредієнти рослинної сировини для ароматизованих напоїв. Загальні технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2011-10-01]. Київ, 2011. 27 с. (інформація та документація).
56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Health Organization. (2020). General principles of food hygiene: CXC 1-1969 (Rev. 2020). FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
57. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). Guide to good hygiene practices for the collection of medicinal and aromatic plants. FAO. <https://www.fao.org/3/i2740e/i2740e.pdf>
58. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Code of practice for the prevention and reduction of pesticide residues in food and feed. FAO. <https://www.fao.org/home/en>
59. Наказ від 12.05.2010 № 400 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". (ДСанПІН 2.2.4-171-1). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0452-10?utm_source=chatgpt.com#Text. дата звернення 05.05.2025.
60. ДСТУ 4623:2023 ЦУКОР Технічні умови ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012-01-01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
61. ДСТУ 908:2006 Кислота лимонна моногідрат харчова. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2007-01-01]. Київ, 2006. 22 с. (інформація та документація).

62. Сердюк М. Є., Прісс О.П., Гапріндашвілі Н.А., Здоровцева Л.М., Сухаренко О.І., Іванова І.Є. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.
63. Гніщевич, В. А. (2024). *Харчові технології. Том 1: Технологія продуктів рослинного походження*. Київ: КНТЕУ. 412 с.
64. Конституція України. К.: Видавництво "Право", 1996. 55.
65. Закон України "Про охорону праці". К.: Норматив. 1994. 65 с.
66. Закон України «Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування». Документ, 1105 – XIV, чинний, поточна редакція від 08.05.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>
67. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» №1417 від 31.12.2014. Документ z0252-15, чинний, поточна редакція від 14.08.2024. URL.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
68. Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Чинний від 18.01.2025.
69. Верховна Рада України. (2012). Кодекс цивільного захисту України (Закон України № 5403-VI від 02 жовтня 2012 р., чинна редакція). Офіційний вебпортал Верховної Ради України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
70. Войналович О.В., Марчиниша Є.І., Мотрич М.М. Охорона праці в галузі: навчальний посібник для студентів спеціальності 181 – Харчові технології. К.: Центр навчальної літератури. 2020. 380 с.