

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Інфокомунікацій \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ Інформаційно-вимірювальних технологій \_\_\_\_\_  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

Розробка методики оцінювання якості морозива

Виконав:

здобувач 2 курсу, групи ЗЯ<sub>М</sub>-23-2

\_\_\_\_\_ Гавриленко І. О. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 175 Інформаційно-  
вимірювальні технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Забезпечення якості

\_\_\_\_\_ (повна назва освітньої програми)

Керівник \_\_\_\_\_ доц. Козлов Ю.В. \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ Захаров І.П. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

2025 р.

## Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Інфокомунікацій \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ Інформаційно-вимірювальних технологій \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 175 Інформаційно-вимірювальні технології \_\_\_\_\_  
(код і повна назва)  
Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Забезпечення якості \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві \_\_\_\_\_ Гавриленка Іллі Олександровича \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Розробка методики оцінювання якості морозива \_\_\_\_\_затверджена наказом університету від 12.11.2024 р. № 1202Ст \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 10.01. 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

4.1 Аналіз існуючих підходів до оцінювання якості морозива

4.2 Розроблення структури методики оцінювання якості морозива

4.3 Моделювання методки оцінювання якості морозива

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) \_\_\_\_\_

### 5.1 Презентація

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	доц. Козлов Ю.В.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану проблеми та методів її вирішення	15.11.2024	
2	Підготовка довідкових матеріалів та даних для розробки основної частини	19.11.2024	
3	Розробка основної частини	03.12.2024	
6	Написання пояснювальної записки	06.12.2024	
7	Підготовка презентації	03.01 2025	
8	Представлення закінченої дипломої роботи на кафедрі	07.01.2025	

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2024 р.

Здобувач



Керівник роботи



(підпис)

доц. Козлов Ю.В.  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи містить 53 сторінки, 9 рисунків, 14 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – існуючі методики оцінювання якості морозива.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз алгоритмів існуючих підходів оцінювання якості морозива та розробка структури та моделювання нової методики шляхом удосконалення існуючих підходів.

У даній магістерській роботі проаналізовано сучасні підходи оцінювання якості морозива, розглянуто їх основні недоліки та переваги, прийнято рішення про необхідність та актуальність удосконалення існуючих методик. Проведено дослідження літературних джерел щодо апробації результатів розробки методик, суміжних оцінюванню якості морозива.

Сформовано покроковий алгоритм майбутньої методики шляхом побудови блок-схеми. Методику змодельовано за стандартом IDEF0 із використанням такого інструментального засобу як ERWin Process Modeller.

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МОРОЗИВА, БЛОК-СХЕМА, СТАНДАРТ IDEF0, КОНТЕКСТНА ДІАГРАМА, ДЕКОМПОЗИЦІЯ, ERWIN PROCESS MODELLER.

## ABSTRACT

The explanatory note to the master's qualification thesis contains 53 pages, 9 figures, 14 references.

The object of research is existing methods of ice cream quality assessment..

The purpose of the qualification work is to analyze the algorithms of existing approaches to assessing the quality of ice cream and to develop the structure and modeling of a new methodology by improving existing approaches.

This master's thesis analyzes modern approaches to assessing ice cream quality, considers their main disadvantages and advantages, and decides on the need and relevance of improving existing methods. The literature sources on the approbation of the results of the development of methods related to the assessment of ice cream quality were consolidated.

A step-by-step algorithm of the future methodology is formed by building a flowchart. The methodology is modeled according to the IDEF0 standard using such a tool as ERWin Process Modeller.

ICE CREAM QUALITY ASSESSMENT, FLOWCHART, IDEF0 STANDARD, CONTEXTUAL DIAGRAM, DECOMPOSITION, ERWIN PROCESS MODELLER.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ .....	8
1. Аналіз існуючих підходів до оцінювання морозива .....	10
1.1 Аналіз сучасних методик оцінювання якості морозива .....	10
1.2 Основні проблеми та недоліки існуючих методик.....	11
1.3 Актуальність удосконалення методики.....	12
1.4 Аналіз літературних джерел щодо апробації результатів розробки методик, суміжних оцінюванню якості морозива .....	13
2. Розроблення структури методики оцінювання якості морозива .....	28
2.1 Розроблення методики шляхом удосконалення існуючих підходів оцінювання якості морозива .....	28
2.2 Переваги розробленої методики.....	33
2.3 Візуалізація алгоритму розробленої методики за допомогою блок- схеми.....	33
3. Моделювання методики оцінювання якості морозива .....	38
3.1 Використання програмного забезпечення ERWin Process Modeller .....	38
3.2 Вибір стандарту моделювання IDEF0 .....	39
3.3 Побудова моделі методики оцінювання якості морозива за стандартом IDEF0.....	42
3.3.1 Побудова контекстної діаграми .....	42
3.3.2 Побудова діаграми декомпозиції першого рівня .....	43
3.3.3 Побудова діаграм декомпозиції другого рівня .....	44
3.4 Перспективи подальшої роботи.....	47
Висновки .....	491
Додаток А. Відомість роботи .....	53

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

QFD – Quality Function Deployment (структурування функції якості)

CNN – Convolutional Neural Networks (згорткова нейронна мережа)

DSC – Dynamic Stability Control (диференціальний скануючий калориметр)

IR – IR Infrared Spectroscopy (інфрачервона спектроскопія)

SEM – Scanning Electron Microscope (електронна мікроскопія)

Time-Intensity Analysis – методи аналізу інтенсивності смакових відчуттів

Acceptance Test – тестування споживацького прийняття

Electronic Tongue – електронний язик

ПЛР – полімеразна ланцюгова реакція

MRA – Microbial Risk Assessment (мікробіологічне оцінювання ризиків)

CFU – Colony Forming Units (колонієутворюючі одиниці)

ERWin PM – ERWin Process Modeller

IDEF0 – Integration Definition for Function Modeling (методологія функціонального моделювання)

ISO – International Organization for Standardization (міжнародна організація із стандартизації)

## ВСТУП

Оцінювання якості харчових продуктів є важливим аспектом харчової промисловості, оскільки від нього залежить задоволеність споживачів, конкурентоспроможність продукції та відповідність вимогам міжнародних стандартів. Серед різноманіття харчових продуктів морозиво займає особливе місце, адже це не лише популярний десерт, а й продукт, що відображає сучасні тенденції харчової культури.

На сучасному етапі розвитку харчової індустрії оцінювання якості морозива стає все більш важливим завданням, яке потребує інтеграції різних підходів та методів. Це зумовлено швидким зростанням конкуренції на ринку, зміною споживчих вподобань, зростаючими вимогами до якості продукції та необхідністю забезпечення її безпеки. Морозиво є складним продуктом, що містить різноманітні інгредієнти, які потребують ретельного контролю на кожному етапі виробництва.

Незважаючи на те, що в Україні та світі існують численні методики оцінювання якості морозива, багато з них мають низку недоліків, зокрема: складність виконання, суб'єктивність органолептичних оцінок, обмеженість використання в умовах масового виробництва. Тому актуальним є питання розробки нової, більш досконалої методики, яка б дозволила підвищити точність оцінки, спростити процес контролю якості та забезпечити адаптацію до сучасних умов виробництва.

Мета цієї роботи полягає у створенні інтегрованої методики оцінювання якості морозива, яка б базувалася на чітких кількісних та якісних критеріях, враховувала сучасні технології виробництва та відповідала стандартам якості. В рамках роботи буде здійснено аналіз існуючих методів, визначено їх сильні та слабкі сторони, а також розроблено алгоритми, які дозволять автоматизувати процес оцінювання якості морозива.

Завданнями дослідження є:

- аналіз літературних джерел та нормативної бази щодо методик оцінювання якості морозива;

- визначення недоліків існуючих підходів та обґрунтування необхідності їх удосконалення;
- розробка нової методики оцінювання якості морозива з використанням сучасних наукових підходів;
- проведення тестування розробленої методики та її порівняння з традиційними підходами.

Актуальність цієї теми визначається не лише зростаючим попитом на морозиво, а й необхідністю забезпечення високих стандартів якості у харчовій промисловості. Розробка нової методики оцінювання якості морозива сприятиме підвищенню рівня довіри споживачів, оптимізації виробничих процесів та зміцненню конкурентних позицій підприємств галузі.

Таким чином, дана магістерська робота має на меті розробку інноваційного підходу до оцінювання якості морозива, що дозволить гармонізувати методи контролю з міжнародними стандартами та забезпечити стабільність якості продукції.

# 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ МОРОЗИВА

## 1.1 Аналіз сучасних методик оцінювання якості морозива

Оцінювання якості морозива в сучасних умовах базується на трьох основних підходах: фізико-хімічному, органолептичному та мікробіологічному аналізах. Ці підходи регламентуються низкою національних та міжнародних стандартів, таких як ГОСТ 31457-2012, ISO 22000:2018, а також рекомендаціями FAO/WHO [1, 3, 4].

Фізико-хімічний аналіз є основою для визначення відповідності продукції встановленим нормативам. Основними показниками є масова частка жиру, білка, вуглеводів, кислотність, а також температура плавлення. Наприклад, відповідно до ГОСТ 31457-2012, масова частка жиру для вершкового морозива має становити від 8 до 15% [1].

Органолептичний аналіз спрямований на оцінку таких характеристик, як консистенція, смак, аромат, зовнішній вигляд та колір. Цей підхід залишається важливим, оскільки саме органолептичні властивості значною мірою впливають на споживчу привабливість продукту. Водночас суб'єктивність органолептичної оцінки є одним із її головних недоліків [5].

Мікробіологічний аналіз дозволяє виявити наявність патогенних мікроорганізмів, таких як *Salmonella* або *Listeria monocytogenes*, які можуть становити загрозу для здоров'я споживачів. Цей метод є обов'язковим для всіх видів харчової продукції згідно з ISO 22000:2018 [3].

Науковці також розробляють нові методи оцінювання якості морозива, які включають використання сучасних технологій, таких як спектроскопія у ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR) для визначення складу продукту, а також автоматизовані системи сенсорного аналізу [6, 7]. Наприклад, дослідження Brown K. показало, що впровадження NIR-спектроскопії дозволяє значно зменшити час аналізу та підвищити його точність [4].

Крім того, у сучасних підходах до оцінювання якості морозива все більше уваги приділяється екологічним аспектам, зокрема аналізу впливу упаковки на якість продукту та її безпеки для навколишнього середовища. Відповідно до

роботи Smith J., використання біорозкладних матеріалів для упаковки морозива не лише сприяє зменшенню кількості відходів, а й зберігає органолептичні властивості продукту [2].

Таким чином, сучасні методики оцінювання якості морозива забезпечують широкий спектр аналізів, але потребують постійного вдосконалення для врахування змін у технологіях виробництва, споживчих вподобаннях та екологічних вимогах.

## 1.2 Основні проблеми та недоліки існуючих методик

Попри широке впровадження сучасних методик, оцінювання якості морозива стикається з низкою проблем та недоліків. Однією з головних є суб'єктивність органолептичної оцінки. Незважаючи на її важливість, результати можуть суттєво відрізнятись залежно від уподобань експертів та умов дегустації [5].

Фізико-хімічний аналіз також має свої обмеження. Наприклад, використання традиційних методів, таких як титрування або гравіметричний аналіз, потребує значного часу та матеріальних ресурсів. До того ж, деякі методи не враховують синергетичного ефекту інгредієнтів морозива, що впливає на його текстуру та стабільність [2, 6].

Мікробіологічний аналіз, хоч і забезпечує високу точність, є трудомістким процесом, який потребує спеціалізованого обладнання та висококваліфікованого персоналу. Це значно ускладнює його застосування у малих та середніх виробників морозива [3].

Додатковою проблемою є недостатнє використання автоматизованих технологій. Згідно з дослідженнями Johnson R., лише 15% виробників морозива використовують автоматизовані системи оцінювання якості, тоді як решта покладається на традиційні підходи [7]. Така ситуація знижує ефективність контролю якості та створює ризики для споживачів.

Окрім технічних аспектів, існують також проблеми, пов'язані з нормативними вимогами. Наприклад, стандарти, що використовуються в

Україні, не завжди гармонізовані з міжнародними. Це створює труднощі для виробників, які прагнуть виходу на міжнародні ринки [1].

Таким чином, головними проблемами оцінювання якості морозива є суб'єктивність органолептичного аналізу, складність та тривалість традиційних фізико-хімічних та мікробіологічних методів, недостатнє використання автоматизованих технологій, а також розрив між національними та міжнародними стандартами. Вирішення цих проблем вимагає впровадження інноваційних підходів, що базуються на сучасних наукових досягненнях.

### 1.3 Актуальність удосконалення методики

Удосконалення методик оцінювання якості морозива є актуальним з кількох причин. По-перше, зміни у споживчих вподобаннях вимагають швидкої адаптації виробників до нових вимог. Зокрема, сучасні споживачі очікують високої якості продукції, що відповідає їхнім індивідуальним потребам, таким як низький вміст цукру, натуральність інгредієнтів та екологічність упаковки [6].

По-друге, інтеграція новітніх технологій у процеси оцінювання дозволяє підвищити точність аналізу та зменшити час, необхідний для отримання результатів. Наприклад, використання технологій спектроскопії (NIR) або автоматизованих сенсорних систем дозволяє уникнути людського фактору та забезпечити об'єктивність оцінки [4, 7].

По-третє, гармонізація національних стандартів з міжнародними є важливим аспектом для розширення експорту українського морозива. Сучасні ринки Європи та Америки висувають суворі вимоги до безпеки та якості продукції. Удосконалення методик допоможе виробникам відповідати цим стандартам та підвищити конкурентоспроможність [5].

Додатково, екологічні виклики сучасності також стимулюють удосконалення методик оцінювання. Використання нових типів упаковки, що мають мінімальний вплив на довкілля, потребує відповідних тестувань на сумісність із продуктом. Робота Smith J. [2] демонструє, що впровадження

екологічних інновацій можливе лише за наявності комплексних методик оцінювання.

Таким чином, удосконалення методик оцінювання якості морозива є ключовим напрямом розвитку галузі, що сприятиме підвищенню довіри споживачів, зменшенню витрат на виробництво та забезпеченню стабільності якості продукції.

#### 1.4 Аналіз літературних джерел щодо апробації результатів розробки методик, суміжних оцінюванню якості морозива

Для кращого рівня обізнаності даної теми було проведено дослідження наукового матеріалу. У цьому підрозділі наведено результати дослідження літературних джерел, що стосуються розробки методів, суміжних оцінюванню якості морозива.

У контексті оцінювання якості морозива значну увагу привертає дослідження [8], яке присвячене застосуванню методології QFD (House of Quality) для виробництва фруктового морозива. У своїй роботі автори пропонують інтегрований підхід до покращення якості продукту, базуючись на аналізі споживчих вимог і технічних характеристик. Застосування методології QFD дозволило авторам створити структурований процес оцінювання якості та розробки морозива, що враховує побажання кінцевих споживачів.

Методика, запропонована в дослідженні, охоплює кілька ключових етапів:

- ідентифікація споживчих потреб;
- переклад цих потреб у технічні параметри;
- оцінка впливу технічних характеристик на якість продукту;
- формування «Будинку якості» як інструменту для візуалізації та аналізу отриманих даних.

Основні результати дослідження: методологія QFD виявилася ефективним інструментом для систематизації підходу до розробки якісного продукту, що відповідає очікуванням споживачів. Було продемонстровано, що використання цього підходу сприяє покращенню текстури, смакових властивостей і загальної

якості морозива, забезпечуючи високу конкурентоспроможність продукту на ринку.

Недоліки методики та необхідність подальшого розвитку – попри досягнуті результати, методологія QFD має низку обмежень, які ускладнюють її застосування для комплексного оцінювання якості морозива:

- обмеженість параметрів (аналіз здебільшого зосереджується на суб'єктивних факторах, таких як смак і текстура, тоді як фізико-хімічні показники (наприклад, вміст жиру, температура плавлення, мікробіологічні характеристики) залишаються недостатньо врахованими);
- відсутність автоматизації (методологія не передбачає використання сучасних технологій машинного навчання або комп'ютерного зору для оцінки якості на основі зображень або інших цифрових даних, що значно звужує її практичне застосування);
- суб'єктивність оцінок (визначення споживчих вимог і їхнє подальше інтерпретування у технічні параметри можуть бути суб'єктивними, залежними від експертів, які проводять аналіз);
- складність впровадження («Будинок якості» вимагає значного часу на створення, аналіз та інтерпретацію даних, що може бути ресурсозатратним для малого і середнього бізнесу).

З огляду на зазначені недоліки, постає потреба у подальшому розвитку підходів до оцінювання якості морозива, які б враховували сучасні досягнення у сфері інформаційно-вимірювальних технологій. Зокрема, перспективним напрямом є застосування методів комп'ютерного зору для аналізу зображень морозива, що дозволяє оцінювати його зовнішній вигляд, однорідність текстури, наявність дефектів тощо. Також важливим є впровадження автоматизованих систем контролю якості, що поєднують фізико-хімічний аналіз із машинним навчанням для обробки великого обсягу даних.

Крім того, сучасні методи класифікації об'єктів на зображеннях, такі як згорткові нейронні мережі (CNN), можуть бути адаптовані для аналізу візуальних характеристик морозива. Це дозволить автоматизувати процес контролю якості, зменшити вплив людського фактору та підвищити точність оцінки. Наприклад, використання алгоритмів машинного навчання може

допомогти ідентифікувати дефекти, виявляти невідповідності у кольорі чи структурі продукту та порівнювати їх із еталонними параметрами.

Таким чином, попри значний внесок у дослідження [8], подальший розвиток методик оцінювання якості морозива є актуальним і перспективним завданням. Інтеграція сучасних технологій у цей процес дозволить значно підвищити точність, швидкість і об'єктивність аналізу, що є критично важливим для задоволення зростаючих вимог споживачів та забезпечення високої якості продуктів.

Вагомий внесок у дослідження процесів виробництва морозива та можливостей їхнього вдосконалення зроблено в роботі [9]. Автори детально проаналізували сучасні підходи до виробництва морозива, приділяючи особливу увагу методам удосконалення технологій та систем контролю якості.

Дослідження охоплює кілька ключових аспектів:

- етапи виробництва морозива (розгляд технологічного ланцюга – від підготовки інгредієнтів до формування готового продукту. Увага зосереджена на критичних етапах, таких як пастеризація, гомогенізація, охолодження, заморожування та пакування);
- упровадження сучасних технологій (автори розглянули можливості використання автоматизованих систем управління процесами для підвищення ефективності виробництва та стабільності якості продукту);
- системи контролю якості (дослідження акцентує увагу на методах моніторингу фізико-хімічних і мікробіологічних показників, зокрема використанні сенсорних технологій та аналітичного обладнання);
- стратегії сталого розвитку (значну увагу приділено екологічним аспектам виробництва, зокрема зменшенню енергоспоживання та оптимізації використання води).

Основні результати дослідження: автори дійшли висновку, що вдосконалення технологічного процесу може значно підвищити ефективність виробництва морозива, зменшити витрати та покращити якість продукту. Особливо ефективними виявились заходи з автоматизації ключових етапів та впровадження систем відстеження якості у режимі реального часу.

Недоліки підходів та необхідність подальших досліджень – попри значну інформативність і корисність огляду, дослідження [9] має певні обмеження, що вказують на актуальність подальшого розвитку методик оцінювання якості морозива:

- неврахованість візуальних характеристик (аналіз здебільшого зосереджується на фізико-хімічних властивостях продукту, таких як температура плавлення, вміст вологи та жиру, тоді як зовнішні характеристики (наприклад, колір, однорідність текстури, наявність дефектів) залишаються поза увагою);
- відсутність інтеграції з цифровими технологіями (хоча робота акцентує на автоматизації процесів, недостатньо розглянуто можливості застосування методів комп'ютерного зору або машинного навчання для аналізу якості продукту на основі зображень);
- обмежений акцент на споживчий досвід (дослідження здебільшого орієнтоване на виробничі аспекти, не враховуючи повною мірою суб'єктивні оцінки споживачів, які є важливими для кінцевої якості морозива);
- відсутність універсальної методики (автори не пропонують комплексного підходу до оцінювання якості морозива, який би враховував усі аспекти – від виробничих параметрів до сприйняття продукту кінцевим споживачем).

З огляду на вищезазначене, можна зробити висновок, що подальший розвиток методик оцінювання якості морозива є необхідним. Особливо перспективним напрямом є інтеграція інноваційних технологій, таких як комп'ютерний зір та штучний інтелект, для аналізу візуальних і текстурних характеристик продукту. Це дозволить автоматизувати процеси контролю якості, зменшити вплив людського фактору та забезпечити високий рівень точності.

Наприклад, сучасні згорткові нейронні мережі можуть бути адаптовані для аналізу зображень морозива, що включає визначення однорідності текстури, оцінку кольору та виявлення дефектів. Також перспективними є технології спектрального аналізу для моніторингу складу продукту у режимі реального часу. Інтеграція таких підходів з автоматизованими виробничими лініями може

суттєво підвищити ефективність виробництва та забезпечити стабільність якості.

Тож робота [9] є важливим внеском у розуміння сучасних процесів виробництва морозива, однак подальші дослідження, спрямовані на розробку універсальних та автоматизованих методик оцінювання якості, залишаються актуальними. Інтеграція традиційних методів із сучасними інформаційно-вимірними технологіями відкриває нові горизонти для забезпечення високої якості морозива, задоволення вимог споживачів і підвищення конкурентоспроможності продукту на ринку.

Одним із ключових напрямів оцінювання якості морозива є використання сучасних інструментальних методик, які дозволяють забезпечити точність, об'єктивність і відтворюваність результатів. Значний внесок у цю сферу зроблено в роботі [10], де автор здійснив детальний огляд сучасних інструментальних методик вимірювання характеристик морозива.

У дослідженні охоплено широкий спектр методів, спрямованих на оцінювання різних аспектів якості морозива, зокрема його фізико-хімічних, текстурних і реологічних властивостей. Основна увага приділяється інструментальним технікам, які використовуються як у наукових дослідженнях, так і у виробничих процесах для забезпечення стабільності якості продукту.

Ключові аспекти дослідження:

- фізико-хімічні показники (автор наголошує на важливості контролю вмісту жиру, сухих речовин і повітряних включень у морозиві. Для цього пропонуються такі методи, як диференціальний скануючий калориметр (DSC), інфрачервона спектроскопія (IR) та аналіз складу методом спектрофотометрії);
- текстурні властивості (значну увагу приділено методам оцінювання текстури, які є важливими для сприйняття продукту споживачами. У роботі розглядаються текстурометри, що дозволяють вимірювати такі показники, як твердість, когезія, крихкість і розтяжність);
- реологічні характеристики (автор виділяє інструменти, що застосовуються для аналізу в'язкості та поведінки морозива під час заморожування і танення. Основними методами є ротаційна віскозиметрія та реометрія);

- оцінювання мікроструктури (автор наголошує на важливості аналізу мікроструктури морозива, що дозволяє оцінити однорідність розподілу повітряних бульбашок, розмір кристалів льоду та жирових глобул. Для цього широко використовуються електронна мікроскопія (SEM) та методи оптичного аналізу).

Основні результати дослідження: у роботі зазначено, що сучасні інструментальні методики забезпечують високий рівень точності та деталізації результатів. Вони дозволяють контролювати якість продукту на різних етапах виробництва, починаючи від підготовки інгредієнтів і закінчуючи оцінкою готового продукту. Інструменти, такі як спектрометри та реометри, виявились незамінними для забезпечення стабільності властивостей морозива.

Недоліки методик та потреба у подальших дослідженнях – попри високу інформативність і точність, методики, описані у роботі Bahram-Parvar, M., мають кілька суттєвих обмежень, що підкреслюють необхідність їхнього вдосконалення:

- висока вартість обладнання (багато з інструментів, таких як електронні мікроскопи чи спектрофотометри, є дорогими, що обмежує їхнє використання у малих і середніх виробництвах);
- трудомісткість (деякі методики вимагають тривалого підготовчого етапу, спеціальної калібровки обладнання та аналізу зразків, що збільшує час на проведення досліджень);
- відсутність інтеграції з автоматизованими системами (у більшості випадків інструментальні техніки застосовуються окремо, без можливості інтеграції у загальні виробничі процеси чи автоматизовані системи контролю якості);
- неврахування споживчих аспектів (хоча фізико-хімічні та текстурні властивості є важливими для якості, методи, які враховують суб'єктивне сприйняття споживачами (смак, аромат, вигляд), залишаються поза межами дослідження).

З огляду на вищезазначені обмеження, подальший розвиток методик оцінювання якості морозива є необхідним. Зокрема, інтеграція інструментальних методик із сучасними технологіями штучного інтелекту та

комп'ютерного зору відкриває нові можливості для автоматизації та вдосконалення процесів контролю. Наприклад, застосування нейронних мереж для аналізу зображень морозива може дозволити оцінювати текстуру, колір і наявність дефектів безпосередньо у виробничих умовах.

Також перспективним є розвиток портативного обладнання для фізико-хімічного аналізу, яке можна використовувати безпосередньо на лінії виробництва. Поєднання цих методів із сенсорними технологіями та IoT-системами забезпечить високий рівень автоматизації та значно знизить затрати на контроль якості.

Таким чином, робота [10] є важливим орієнтиром у сфері інструментальних методик оцінювання якості морозива, однак потребує доповнення новими технологічними підходами. Інтеграція сучасних інформаційно-вимірювальних технологій дозволить підвищити точність, швидкість і об'єктивність оцінки, що є критично важливим для забезпечення конкурентоспроможності продукту та задоволення вимог споживачів.

Дослідження [11] має значну цінність для розуміння впливу органолептичних характеристик на якість морозива. У роботі автори дослідили традиційне і низькокалорійне ванільне морозиво, застосовуючи методи аналізу інтенсивності смакових відчуттів (Time–Intensity Analysis) та тестування споживацького прийняття (Acceptance Test).

Ця робота робить акцент на важливості споживацьких оцінок у визначенні якості морозива, що доповнює інструментальні методи контролю. Вона зосереджена на дослідженні взаємозв'язку між динамікою сенсорних відчуттів під час споживання продукту та рівнем його загального сприйняття споживачами.

Ключові аспекти дослідження:

- метод аналізу інтенсивності смакових відчуттів (Time–Intensity Analysis) (автори використали цей метод для оцінки динаміки зміни смакових характеристик морозива протягом його споживання. Аналіз дозволив простежити, як змінюється інтенсивність ванільного смаку в традиційному та легкому морозиві, а також визначити тривалість післясмаку);

- тестування споживацького прийняття (Acceptance Test) (для оцінки загального сприйняття продукту було проведено тестування із залученням споживачів. Кожен учасник оцінював різні аспекти морозива, такі як текстура, смак, аромат і загальна привабливість);

- відмінності між традиційним і низькокалорійним морозивом (у дослідженні встановлено, що традиційне ванільне морозиво отримує вищі оцінки споживачів, особливо за текстурою та тривалістю смакових відчуттів. Натомість легке морозиво демонструвало меншу інтенсивність смаку та коротший післясмак, що впливало на рівень задоволення споживачів).

Основні результати дослідження – дослідження підтвердило важливість сенсорних характеристик у сприйнятті якості морозива. Традиційне морозиво зберігало високі показники інтенсивності смаку протягом тривалого часу, що підвищувало рівень задоволення споживачів. Легке морозиво, хоча і приваблювало споживачів своїм низьким вмістом калорій, не змогло забезпечити такого ж рівня сенсорного задоволення через меншу інтенсивність та тривалість смаку.

Хоча робота [11] є важливим внеском у вивчення сенсорного аналізу морозива, вона має низку обмежень:

- відсутність аналізу візуальних характеристик (автори зосередились лише на смакових властивостях, залишаючи поза увагою зовнішні аспекти продукту, такі як колір, рівномірність текстури та наявність дефектів);

- обмеженість вибірки (споживчий аналіз проводився з обмеженою кількістю учасників, що може не повною мірою відображати загальні уподобання різних груп населення);

- вузький фокус на ванільному морозиві (дослідження охоплює лише один вид морозива, що обмежує можливість екстраполяції результатів на інші смаки чи види продукту);

- відсутність інтеграції з інструментальними методами (робота переважно орієнтована на суб'єктивні оцінки, без урахування об'єктивних параметрів, які можна отримати за допомогою інструментального аналізу).

Зважаючи на зазначені обмеження, важливим завданням є інтеграція сенсорного аналізу з інструментальними методиками для створення

комплексного підходу до оцінювання якості морозива. Наприклад, використання технологій комп'ютерного зору дозволить доповнити споживацькі оцінки об'єктивним аналізом зовнішніх характеристик продукту.

Крім того, розвиток методик оцінки смаку за допомогою електронного язика (electronic tongue) може забезпечити стандартизовані та відтворювані результати, які будуть порівнянними між різними дослідженнями. Це дозволить більш точно корелювати сенсорні оцінки з фізико-хімічними властивостями продукту.

Робота [11] підкреслює значення сенсорного аналізу для розуміння сприйняття морозива споживачами, однак потребує доповнення сучасними інформаційно-вимірювальними технологіями. Інтеграція таких підходів дозволить створити універсальну методику, яка враховуватиме як суб'єктивні, так і об'єктивні аспекти якості продукту. Це забезпечить високу конкурентоспроможність морозива та його відповідність вимогам сучасних споживачів.

Дослідження [12] зосереджується на реологічних характеристиках морозива, їхньому значенні для якості продукту та методах оцінювання. Автори зробили огляд сучасних підходів до дослідження реології морозива, акцентуючи увагу на технологічних та методологічних аспектах, що є критичними для створення продукту з передбачуваними властивостями.

Ключові аспекти дослідження:

- реологічні характеристики як основа текстури (у роботі зазначається, що реологія відіграє ключову роль у формуванні текстури морозива. Параметри, такі як в'язкість, пружність і крихкість, визначаються мікроструктурою продукту, зокрема розміром кристалів льоду, кількістю та розподілом повітряних бульбашок, а також станом жирової фази);

- методи оцінювання реології (автори описують сучасні підходи до вимірювання реологічних параметрів морозива:

- ротаційні віскозиметри та реометри (використовуються для оцінки в'язкісних характеристик у різних температурних умовах);

- текстурометри (забезпечують вимірювання механічних властивостей, таких як твердість, розтяжність та когезія);

- тангенс втрат ( $\tan \delta$ ) (застосовується для вивчення пружних і в'язких властивостей продукту під дією періодичного навантаження));

- вплив інгредієнтів на реологію (значна увага приділяється ролі основних інгредієнтів — молочного жиру, стабілізаторів, емульгаторів та сухих речовин. Автори зазначають, що зміна концентрації цих компонентів суттєво впливає на кінцеві реологічні параметри продукту);

- технологічні аспекти (у дослідженні детально розглядається вплив технологічних процесів, таких як гомогенізація, заморожування та збивання, на реологію морозива. Зокрема, автори підкреслюють важливість контролю температури та часу заморожування для формування стабільної текстури).

Основні результати дослідження – робота демонструє, що реологічні характеристики є визначальними для сенсорного сприйняття морозива. В'язкість, твердість та стабільність продукту безпосередньо впливають на його прийняття споживачами. Автори наголошують на необхідності стандартизації методик оцінювання, що дозволить підвищити відтворюваність результатів та забезпечити узгодженість якості продукту.

Попри вагомий внесок у розуміння реології морозива, дослідження має кілька обмежень:

- неповне охоплення новітніх методик (розглянуто традиційні інструменти, такі як віскозиметри та текстурометри, у роботі не приділено належної уваги сучасним технологіям, як-от комп'ютерний зір чи аналіз зображень для оцінювання мікроструктури);

- відсутність інтеграції зі споживацькими оцінками (робота орієнтована переважно на інструментальні показники, без урахування суб'єктивних сприйнять споживачів. Це обмежує її практичне застосування в контексті розробки продуктів, орієнтованих на конкретні групи споживачів);

- недостатній акцент на автоматизації (у дослідженні недостатньо висвітлено можливості інтеграції реологічних методик у автоматизовані системи контролю якості).

Зважаючи на вищезазначені обмеження, перспективними є такі напрями:

- інтеграція реологічних методик з іншими підходами, такими як сенсорний аналіз чи комп'ютерний зір, для створення комплексної системи оцінювання якості морозива;
- використання алгоритмів машинного навчання для аналізу отриманих даних, що дозволить автоматизувати процеси контролю якості;
- розробка портативних пристроїв для реологічного аналізу, які можна використовувати безпосередньо на виробничих лініях.

Дослідження [12] є важливим внеском у вивчення реологічних характеристик морозива. Воно підкреслює критичну роль текстури та в'язкості для забезпечення якості продукту. Проте робота потребує доповнення сучасними інформаційно-вимірювальними технологіями, що дозволить підвищити точність і ефективність контролю якості. Інтеграція таких підходів із сенсорним аналізом і методами автоматизації сприятиме створенню універсальної методики оцінювання, яка відповідатиме вимогам сучасного ринку та споживачів.

Дослідження [13] представляє інноваційний підхід до створення морозива на основі нетрадиційних інгредієнтів, таких як молоко тигрового горіха (tigernut) і насіння африканської ямсової квасолі. Автори виконали детальний аналіз якості цього продукту, а також оцінили його сприйняття споживачами. Робота спрямована на розробку більш здорових альтернатив традиційному морозиву, використовуючи рослинні компоненти для збагачення продукту харчовими волокнами, білками та корисними жирами.

Основні аспекти дослідження:

- інноваційність рецептури (у роботі запропоновано замінити частину традиційних інгредієнтів морозива молоком тигрового горіха і африканської ямсової квасолі. Обидва компоненти є джерелами поживних речовин і сприяють підвищенню харчової цінності продукту);
- хімічний склад і функціональні властивості (морозиво, виготовлене з нетрадиційних інгредієнтів, демонструвало високий вміст білків, харчових волокон та ненасичених жирних кислот, що виділяє його серед традиційних зразків. Це може привабити споживачів, які дотримуються здорового способу життя);

- якісна оцінка (оцінювання якості продукту проводилося за кількома показниками, включаючи:
  - органолептичні характеристики (смак, текстура, аромат та зовнішній вигляд);
  - фізико-хімічні властивості (рН, вміст жиру, білка, зольності та сухих речовин);
  - мікробіологічна безпека (перевірка на відповідність стандартам харчової безпеки));
- сприйняття споживачами (тестування споживчої прийнятності показало, що морозиво з рослинними компонентами має високий рівень схвалення серед дегустаторів. Особливу увагу звернули на м'якість текстури, яка була досягнута завдяки молоку тигрового горіха).

Автори продемонстрували, що інноваційні рецептури морозива можуть забезпечити високу харчову цінність без шкоди для органолептичних властивостей. Продукт був сприйнятий позитивно, що відкриває перспективи для розширення асортименту на ринку морозива.

Недоліки дослідження та виклики для майбутніх розробок:

- обмеженість масштабів експерименту (дослідження було проведено в лабораторних умовах, що не завжди дозволяє врахувати всі виклики промислового виробництва);
- обмежений аналіз мікроструктур (хоча органолептичні властивості було оцінено, у роботі не було використано сучасних інструментів, таких як електронна мікроскопія чи комп'ютерний зір, для аналізу структури морозива);
- короткострокове зберігання (робота не охоплює дослідження впливу тривалого зберігання на якість продукту, що є важливим для його комерціалізації);
- вузьке тестування споживачів (сприйняття продукту оцінювалося на обмеженій вибірці, що може вплинути на достовірність отриманих результатів).

Дослідження відкриває шлях для подальших розробок у сфері створення функціональних видів морозива. Зокрема, важливими напрямками є:

- інтеграція сучасних інструментальних методик для оцінки структури та текстури продукту;

- розширення аналізу стабільності морозива під час тривалого зберігання;
- використання автоматизованих систем для стандартизації процесів виробництва;
- проведення більш масштабних споживацьких досліджень для оцінки прийнятності продукту серед різних демографічних груп.

Робота [13] демонструє, що використання нетрадиційних інгредієнтів у виробництві морозива дозволяє створювати продукти з підвищеною харчовою цінністю, які відповідають сучасним тенденціям здорового харчування. Проте для досягнення максимальної ефективності цих розробок необхідно впроваджувати сучасні інформаційно-вимірювальні технології, які забезпечать високий рівень контролю якості та адаптації до потреб споживачів.

Дослідження [14] було присвячене оцінюванню мікробіологічних ризиків промислового морозива, що продається в Італії. Метою роботи було визначення потенційних загроз для споживачів, пов'язаних із контамінацією продукту, та аналіз існуючих методів контролю безпеки в харчовій промисловості.

Ця тема є особливо актуальною, оскільки морозиво є продуктом, споживання якого здійснюється без термічної обробки перед вживанням, що підвищує ризик впливу мікробіологічних забруднень на здоров'я споживачів.

Основні аспекти дослідження:

- виявлення основних патогенів (автори роботи акцентували увагу на патогенах, які найчастіше зустрічаються у морозиві. Було ідентифіковано такі мікроорганізми, як *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, а також інші потенційно небезпечні бактерії);
- методи аналізу (для мікробіологічного аналізу використовували традиційні та сучасні методи, включаючи:
  - класичні мікробіологічні підходи, такі як вирощування бактерій на селективних середовищах;
  - молекулярні методи, зокрема полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР), яка дозволяє ідентифікувати патогени з високою точністю);
- оцінка ризиків (застосовано підхід мікробіологічного оцінювання ризиків (Microbial Risk Assessment, MRA), який включає:

- ідентифікацію небезпек;
- аналіз експозиції;
- характеристизацію ризиків;
- управління ризиками на етапах виробництва та зберігання

продукту);

- вплив умов виробництва (у роботі підкреслюється, що важливу роль у мінімізації мікробіологічних ризиків відіграє контроль санітарного стану обладнання, дотримання температурних режимів під час виробництва та правильна організація зберігання продукту).

Автори виявили, що промислове морозиво, представлене на італійському ринку, здебільшого відповідає нормативним стандартам безпеки. Однак у кількох зразках було зафіксовано перевищення допустимих рівнів контамінації патогенами, що свідчить про необхідність посилення контролю.

Недоліки дослідження та потенційні виклики:

- відсутність комплексного аналізу впливу умов споживання (хоча робота акцентує увагу на виробничих процесах, недостатньо розглянуто вплив умов транспортування та зберігання морозива в роздрібних мережах);

- обмежений регіональний фокус (дослідження стосується виключно італійського ринку, що може зменшувати релевантність результатів для інших країн);

- незначний акцент на автоматизації (хоча використано сучасні методи, таких як ПЛР, у роботі мало уваги приділено впровадженню автоматизованих систем моніторингу мікробіологічних параметрів).

Зважаючи на обмеження, окреслені авторами, перспективними напрямками є:

- розробка автоматизованих систем для безперервного моніторингу мікробіологічної чистоти на етапах виробництва та зберігання;

- інтеграція аналізу мікробіологічних ризиків із сенсорними методами контролю якості;

- розширення досліджень на міжнародному рівні для порівняння ризиків у різних регіонах;

- вивчення впливу упаковки та логістичних умов на мікробіологічну безпеку морозива.

Дослідження [14] зробило значний внесок у розуміння ризиків, пов'язаних із мікробіологічною контамінацією промислового морозива. Робота підкреслює важливість впровадження строгих стандартів контролю на всіх етапах виробництва, зберігання та транспортування продукту. Проте для забезпечення стабільно високого рівня безпеки морозива необхідна подальша інтеграція сучасних інформаційно-вимірювальних технологій, які дозволять автоматизувати процеси контролю та знизити ризики для кінцевого споживача.

## 2. РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МОРОЗИВА

### 2.1 Розроблення методики шляхом удосконалення існуючих підходів оцінювання якості морозива

Оцінювання якості морозива – це комплексний процес, що потребує системного підходу до аналізу фізико-хімічних, сенсорних, мікробіологічних і споживчих властивостей продукту. На основі аналізу існуючих методів пропонується покроковий алгоритм, який включає деталізацію процесів і розрахункових формул. Удосконалена методика дозволить інтегрувати результати різних етапів у єдиний інтегральний показник якості. Алгоритм включає:

#### Крок 1. Фізико-хімічний аналіз

Цей етап передбачає визначення ключових фізико-хімічних параметрів морозива.

#### Крок 1.1. Визначення вмісту жиру

Вміст жиру є одним із критичних показників якості морозива, який визначає його текстуру, смак і енергетичну цінність. Для цього використовують метод екстракції розчинником.

#### Алгоритм визначення вмісту жиру:

- узяти пробу морозива масою  $m = 10$  г;
- додати органічний розчинник (наприклад, петролейний ефір) та екстрагувати жир;
- видалити розчинник методом випаровування, отримавши чистий жир масою  $m_f$ ;
- розрахувати масову частку жиру:

$$W_f = \frac{m_f}{m} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де  $W_f$  – масова частка жиру, %;

$m_f$  – маса отриманого жиру, г;

$m$  – маса проби, г.

Крок 1.2. Визначення вмісту білка

Метод К'ельдаля застосовується для визначення вмісту азоту, який потім перераховується в масову частку білка.

Алгоритм визначення вмісту білка:

- провести мінералізацію проби кислотним розчином;
- визначити кількість азоту ( $N$ ) у пробі;
- перерахувати масову частку білка:

$$W_p = N \cdot 6,38, \quad (2.2)$$

де  $W_p$  – масова частка білка, %;

$N$  – кількість азоту в пробі, г/100 г;

6.38 – коефіцієнт перерахунку для білків молочного походження.

Метод К'ельдаля є класичним хімічним методом визначення вмісту азоту в органічних речовинах, який широко застосовується в харчовій промисловості для аналізу білкових компонентів продуктів. У контексті оцінювання якості морозива цей метод використовується для визначення вмісту білків, що є важливим показником, адже білки впливають на харчову цінність, текстуру та стабільність продукту.

Переваги методу К'ельдаля:

- універсальність (застосовується для широкого спектра харчових продуктів, включаючи морозиво);
- точність (дозволяє отримати надійні результати з мінімальними похибками);
- відтворюваність (результати легко повторити за умови дотримання методики).

Недоліки методу К'ельдаля:

- трудомісткість (процес вимагає кількох етапів і тривалого часу);

- використання хімічних реактивів (робота з концентрованими кислотами та лугами потребує особливих заходів безпеки);
- обмеженість автоматизації (метод вимагає ручної роботи, хоча сучасні аналізатори можуть частково автоматизувати процес).

Метод К'ельдаля є невід'ємною частиною фізико-хімічного аналізу, адже білки відіграють ключову роль у структурі морозива:

- забезпечують емульгуючі властивості;
- сприяють стабільності продукту під час зберігання;
- впливають на текстуру та кремоподібність морозива.

Удосконалення методики може передбачати інтеграцію методу К'ельдаля в комплексну систему оцінювання з автоматичним обчисленням результатів та нормалізацією даних. Це значно підвищить ефективність контролю якості морозива на виробництві.

### Крок 1.3. Визначення сухих речовин

Сухі речовини визначають загальний вміст твердих компонентів у морозиві, що впливають на його текстуру.

Алгоритм визначення сухих речовин:

- зважити пробу морозива масою  $m_s=10$  г;
- висушити пробу при температурі  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси  $m_d$ ;
- розрахувати масову частку сухих речовин:

$$W_s = \frac{m_d}{m_s} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де  $W_s$  – масова частка сухих речовин, %;

$m_d$  – маса висушеної проби, г;

$m_s$  – маса початкової проби, г.

### Крок 1.4. Вимірювання кислотності

Кислотність впливає на смакові характеристики та мікробіологічну стабільність продукту.

Алгоритм вимірювання кислотності:

- підготувати розчин із 10 г морозива та 100 мл дистильованої води;

- титрувати розчин 0.1 М розчином  $NaOH$  до появи рожевого кольору (фенолфталеїновий індикатор);
- розрахувати кислотність:

$$T = \frac{V_{NaOH} \cdot C_{NaOH} \cdot 100}{m}, \quad (2.4)$$

де  $T$  – титрована кислотність, ммоль/100 г;

$V_{NaOH}$  – об'єм витраченого  $NaOH$ , мл;

$C_{NaOH}$  – концентрація  $NaOH$ , ммоль/мл;

$m$  – маса проби, г.

## Крок 2. Сенсорний аналіз

Сенсорний аналіз визначає суб'єктивні показники якості морозива, такі як смак, аромат, текстура та колір.

### Крок 2.1. Формування групи експертів:

- вибрати 10–15 експертів із сенсорного аналізу;
- провести тренінг за ключовими параметрами якості.

### Крок 2.2. Оцінка смакових характеристик:

- використати 9-бальну шкалу для оцінки смаку, солодкості та післясмаку;
- розрахувати середній бал для кожного параметра.

### Крок 2.3. Аналіз текстури:

- використати текстурометр для об'єктивного вимірювання однорідності та вершковості;
- провести суб'єктивну оцінку текстури за 5-бальною шкалою.

### Крок 2.4. Інтеграція сенсорних оцінок

Розрахувати інтегральний сенсорний показник:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}, \quad (2.5)$$

де  $S$  – інтегральний сенсорний показник;

$S_i$  – оцінка кожного параметра;

$n$  – кількість параметрів.

### Крок 3. Мікробіологічний аналіз

Цей етап спрямований на визначення мікробіологічної чистоти продукту.

#### Крок 3.1. Виявлення загальної кількості бактерій:

- провести висівання на селективні середовища;
- порахувати кількість колонієутворюючих одиниць (CFU).

#### Крок 3.2. Аналіз на патогени.

Використати молекулярні методи, такі як ПЛР, для ідентифікації *Listeria monocytogenes*.

#### Крок 3.3. Контроль на дріжджі та плісняву

Провести аналіз на агарі Сабуро, підрахувати кількість колоній.

#### Крок 3.4. Порівняння зі стандартами

Визначити відповідність нормативам мікробіологічної безпеки.

### Крок 4. Інтеграція результатів та висновки

#### Крок 4.1. Нормалізація даних

Привести результати кожного етапу до єдиної шкали (0–1) для інтеграції.

#### Крок 4.2. Розрахунок загального показника якості:

$$Q = w_1 \cdot F + w_2 \cdot S + w_3 \cdot M, \quad 2.6)$$

де  $Q$  – інтегральний показник якості;

$F$ ,  $S$ ,  $M$  – результати фізико-хімічного, сенсорного та мікробіологічного аналізів;

$w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  – вагові коефіцієнти для кожного етапу.

#### Крок 4.3. Інтерпретація результатів

Визначити якісні категорії продукту:

- $Q > 0.8$  (висока якість);
- $0.5 \leq Q \leq 0.8$  (задовільна якість);
- $Q < 0.5$  (низька якість).

#### Крок 4.4. Рекомендації

Надати рекомендації щодо покращення параметрів, які мають низький рівень.

## 2.2 Переваги розробленої методики

Переваги розробленої методики на основі існуючих методик оцінювання якості морозива:

- комплексний підхід із врахуванням багатьох аспектів;
- можливість автоматизації розрахунків та інтеграції з інформаційно-вимірювальними системами;
- гнучкість у використанні для різних видів морозива.

## 2.3 Візуалізація алгоритму розробленої методики за допомогою блок-схеми

Блок-схеми є універсальним інструментом для візуалізації складних процесів, що забезпечують зрозумілість, логічність і структурованість інформації. У сучасних умовах, коли систематичність і точність мають вирішальне значення в розробці наукових методик, блок-схеми виступають важливим елементом для демонстрації алгоритмів, опису етапів виконання робіт і аналізу взаємозв'язків між компонентами.

Блок-схеми дозволяють передавати складну інформацію у зрозумілому та наочному вигляді. Вони демонструють процеси у вигляді послідовності дій або рішень, які легше сприймати, ніж текстовий опис. Це особливо важливо для великих команд або міждисциплінарних проектів, де різні спеціалісти мають однакове розуміння поставлених завдань.

Створення блок-схем дозволяє впорядкувати інформацію, поділивши її на етапи або категорії. У розробці методик, таких як оцінювання якості морозива, блок-схеми забезпечують чітке уявлення про взаємозв'язок між окремими

етапами: фізико-хімічним аналізом, сенсорними дослідженнями та мікробіологічними випробуваннями.

Наприклад, кожен етап аналізу може бути представлений у вигляді блоку, пов'язаного з попереднім і наступним кроком. Такий підхід дозволяє зрозуміти загальну структуру процесу і водночас сфокусуватися на окремих деталях.

Блок-схеми надають можливість аналізувати процеси та виявляти їх слабкі сторони. Зокрема, у складних методиках блок-схема може показати потенційні точки затримки, дублювання дій або недостатню деталізацію певних етапів. Це сприяє оптимізації процесів, підвищуючи їх ефективність.

Наприклад, у методиці оцінювання якості морозива блок-схема може виявити етапи, де потрібне ручне втручання, і запропонувати шляхи їх автоматизації, що підвищить точність і зменшить витрати часу.

Блок-схеми дозволяють моделювати складні системи та прогнозувати їхню поведінку в різних умовах. У контексті оцінювання якості морозива блок-схеми можна використовувати для моделювання взаємозв'язків між фізико-хімічними, сенсорними та мікробіологічними параметрами, а також для оцінки їх впливу на інтегральний показник якості.

У командній роботі блок-схеми сприяють спрощенню комунікації між учасниками проекту. Вони допомагають досягти єдиного розуміння методики навіть серед фахівців із різними рівнями підготовки. Це особливо важливо під час презентацій, коли потрібно коротко і чітко пояснити структуру та логіку методики.

Однією з переваг блок-схем є можливість їх використання для подальшої автоматизації процесів. За їхньою допомогою можна створювати алгоритми для програмного забезпечення, яке виконуватиме розрахунки, аналіз даних і формування звітів автоматично. У разі впровадження блок-схеми в інформаційно-вимірювальну систему можна значно підвищити точність і швидкість оцінювання якості морозива.

Приклади використання блок-схем у методиках:

- етапи фізико-хімічного аналізу (блок-схема демонструє послідовність дій: від відбору проби до розрахунку ключових показників, таких як вміст жиру, білків і сухих речовин);

- сенсорний аналіз (блок-схема ілюструє процес від формування експертної групи до обчислення інтегрального сенсорного показника);
- мікробіологічний аналіз (на блок-схемі можна зобразити етапи виявлення бактерій, патогенів і дріжджів із подальшою перевіркою на відповідність нормативним стандартам);
- розрахунок інтегрального показника якості (блок-схема ілюструє алгоритм об'єднання даних з різних аналізів у єдиний інтегральний показник за допомогою вагових коефіцієнтів).

Отже, блок-схеми є незамінним інструментом у розробці методик, забезпечуючи зрозумілість, доступність та систематизацію процесів. Їх застосування сприяє підвищенню точності аналізу, полегшенню комунікації між учасниками проєкту та оптимізації складних процедур. У методиці оцінювання якості морозива блок-схеми дозволяють зобразити весь процес від початкового аналізу до отримання інтегрального показника, забезпечуючи її універсальність і зручність для практичного застосування.

Таким чином, для візуалізації покрокового алгоритму методики оцінювання якості морозива було побудовано блок-схему, що зображено на рисунку 2.1 та рисунку 2.2.

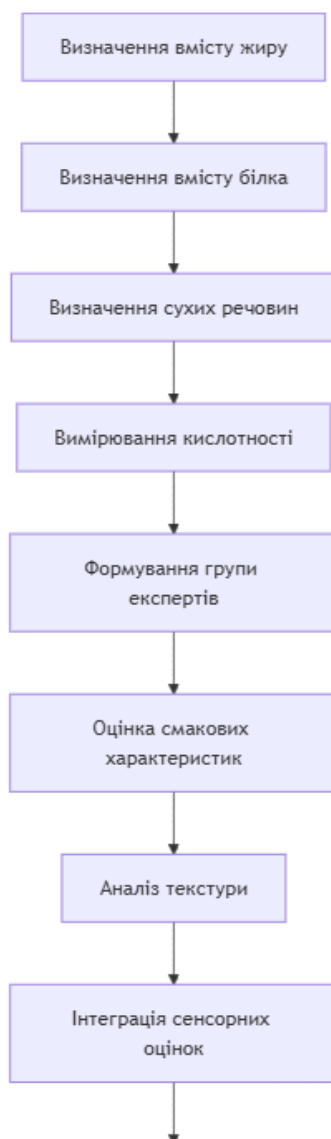


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму методики оцінювання якості морозива

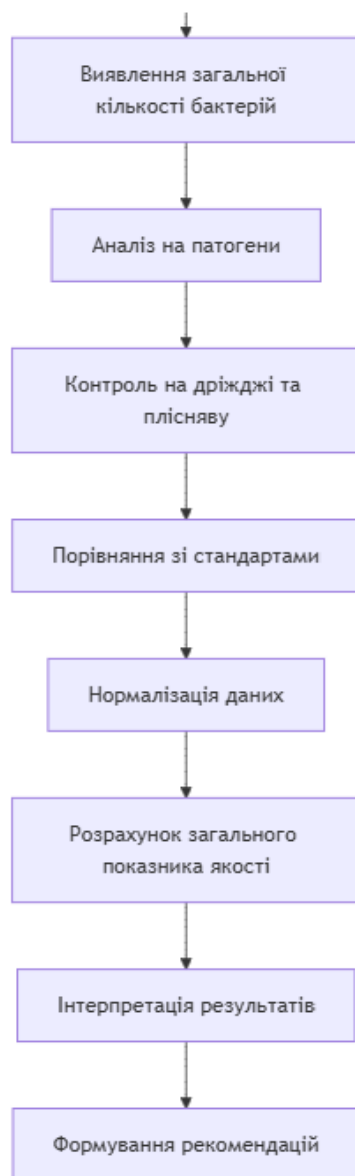


Рисунок 2.2 – Продовження блок-схеми алгоритму методики оцінювання якості морозива

### 3. МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МОРОЗИВА

#### 3.1 Використання програмного забезпечення ERWin Process Modeller

ERWin Process Modeler є потужним інструментом для моделювання бізнес-процесів, який дозволяє розробляти детальні діаграми та оптимізувати складні системи. Ця програма широко використовується для створення моделей, які відображають структуру, зв'язки та функціональні аспекти процесів у різних сферах, зокрема у харчовій промисловості, де потрібна систематизація аналізу та контролю якості.

Однією з головних переваг ERWin PM є можливість візуалізації процесів у вигляді блок-схем, діаграм стандартів IDEF0, DFD, IDEF3, UML та інших, що робить цей інструмент універсальним для використання в науково-дослідних і виробничих проектах.

ERWin PM забезпечує гнучкий підхід до створення моделей завдяки таким ключовим можливостям:

- підтримка стандартів (програмне забезпечення дозволяє створювати моделі відповідно до міжнародних стандартів, таких як IDEF0, DFD, IDEF3, UML та інших, що забезпечує структурованість і сумісність моделей із сучасними методиками управління процесами);
- візуалізація процесів (ERWin PM забезпечує чітке графічне представлення процесів, що допомагає ідентифікувати слабкі місця, оптимізувати робочі потоки та краще зрозуміти логіку функціонування системи);
- інтеграція з іншими інструментами (ERWin PM підтримує інтеграцію з різними базами даних, ERP-системами та іншими інструментами, що полегшує обмін інформацією між різними підсистемами);
- деталізація рівнів моделі (програма дозволяє створювати як загальні контекстні діаграми, так і деталізовані моделі на нижчих рівнях, забезпечуючи прозорість і точність опису процесів);

- автоматизація процесів (ERWin PM має вбудовані механізми для перевірки логічної цілісності моделей, що дозволяє мінімізувати помилки при їх розробці та прискорити процес впровадження).

Переваги використання ERWin PM:

- зрозумілість і прозорість (моделі, створені в ERWin PM, легко зрозуміти навіть для фахівців без досвіду моделювання);
- оптимізація процесів (завдяки чіткій структурі процесів можна виявити слабкі місця та оптимізувати їх);
- системність підходу (програма дозволяє врахувати всі аспекти аналізу, інтегруючи їх у єдиний процес);
- зменшення помилок (автоматизація перевірок забезпечує точність моделювання та зменшує ризики помилок).

ERWin Process Modeler є незамінним інструментом для моделювання складних процесів, таких як оцінювання якості морозива. Його використання дозволяє створити структуровану та зрозумілу модель, яка інтегрує всі етапи аналізу, забезпечує прозорість і точність, а також сприяє ефективному впровадженню методики в реальних умовах.

### 3.2 Вибір стандарту моделювання IDEF0

IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – це стандарт моделювання функціональних процесів, який використовується для аналізу, розробки та оптимізації складних систем. Розроблений у 1970-х роках під егідою ВПС США, цей метод набув широкого застосування в багатьох галузях, включаючи промисловість, інженерію, логістику та харчову промисловість.

Головна мета IDEF0 – представлення функцій системи та їх взаємозв'язків у наочній і структурованій формі. Цей стандарт дозволяє зобразити процеси у вигляді блоків із входами, виходами, механізмами та управлінням, забезпечуючи їхню логічну ієрархічну декомпозицію (рис. 3.1).

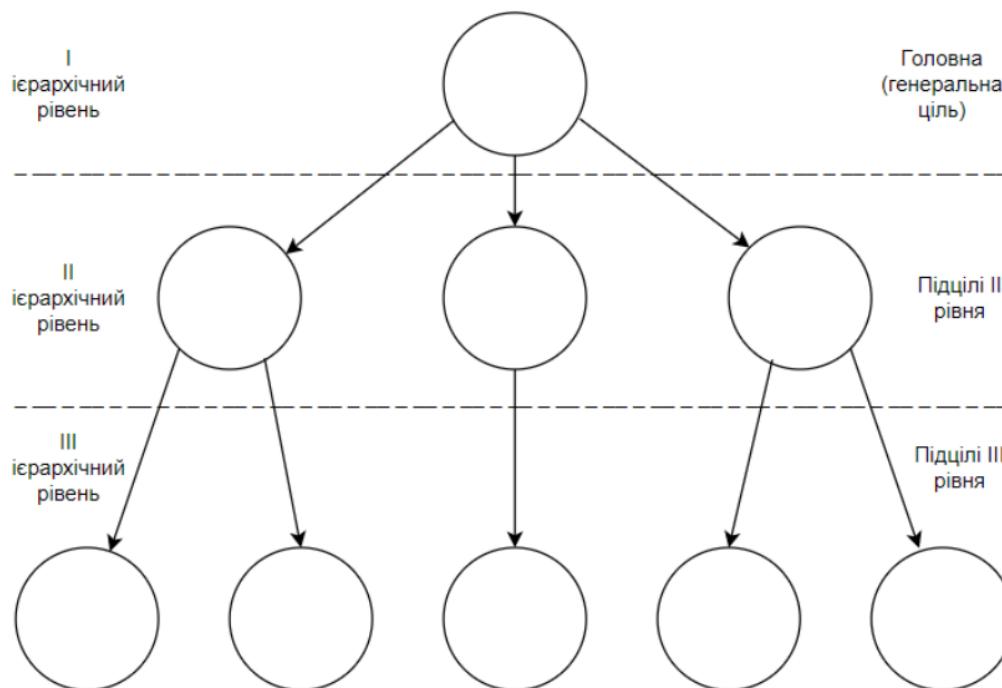


Рисунок 3.1 – Приклад декомпозиції першого, другого, третього рівнів

У контексті розробки методики оцінювання якості морозива стандарт IDEF0 забезпечує інструментарій для систематизації аналізу та моделювання взаємозв'язків між етапами, що сприяє чіткому розумінню процесу та його оптимізації.

Особливості стандарту IDEF0:

- графічне представлення

IDEF0 представляє процеси у вигляді блоків, з'єднаних стрілками, що символізують входи, виходи, механізми та управління. Кожна діаграма має чітку структуру, що забезпечує зрозумілість і доступність інформації;

- ієрархічна структура

Стандарт передбачає розбиття складної системи на рівні декомпозиції:

- контекстна діаграма представляє систему загалом;
- діаграми першого рівня деталізують основні процеси;
- діаграми другого рівня показують підпроцеси кожного основного процесу;

- формалізація

Усі елементи діаграми мають чітко визначені функції:

- входи (Inputs) – дані або матеріали, що надходять до процесу;
- виходи (Outputs) – результати процесу;

- управління (Controls) – нормативи, обмеження, вимоги, які регулюють виконання процесу;

- механізми (Mechanisms) – ресурси, що забезпечують виконання процесу (обладнання, персонал, програмне забезпечення);

- гнучкість і адаптивність

IDEF0 може застосовуватись до систем будь-якої складності, забезпечуючи як загальний огляд, так і деталізацію окремих аспектів.

Обґрунтування вибору стандарту IDEF0 для розробки методики оцінювання якості морозива:

- можливість структуризації процесу

Оцінювання якості морозива є багатofакторним процесом, що включає аналіз фізико-хімічних, сенсорних, мікробіологічних і споживчих характеристик. Використання IDEF0 дозволяє чітко розділити ці етапи, забезпечуючи їхню взаємозв'язність і логічну послідовність;

- зрозумілість і прозорість

IDEF0 надає графічну форму для представлення процесів, що дозволяє уникнути неоднозначностей. Наприклад, контекстна діаграма «Оцінювання якості морозива» демонструє весь процес загалом, включаючи входи (зразки, нормативи), виходи (інтегральний показник якості), управління (регламенти) та механізми (обладнання, персонал);

- ієрархічний підхід

Завдяки можливості деталізації IDEF0 дозволяє створювати діаграми для кожного рівня процесу. Це полегшує розуміння складних взаємозв'язків між окремими етапами, наприклад, декомпозиція фізико-хімічного аналізу на підпроцеси (визначення жиру, білка, сухих речовин), розбиття сенсорного аналізу на підпроцеси оцінки смаку, текстури, кольору та аромату;

- оптимізація процесів

Використання IDEF0 дозволяє ідентифікувати дублювання дій, вузькі місця або слабкі сторони у процесі, що сприяє підвищенню його ефективності;

- універсальність і стандартизація

IDEF0 є міжнародним стандартом, тому його використання дозволяє узгодити методику з загальноприйнятими нормами та полегшити її інтеграцію в існуючі системи якості.

### 3.3 Побудова моделі методики оцінювання якості морозива за стандартом IDEF0

#### 3.3.1 Побудова контекстної діаграми

На найвищому рівні моделювання методика оцінювання якості морозива відображається як єдиний процес під назвою «Оцінювання якості морозива» (рис. 3.2). Вхідними даними для цього процесу є зразки морозива, вимоги нормативних документів і споживчі побажання. Результатом роботи системи стає звіт про якість продукту разом із рекомендаціями для його вдосконалення. Процес оцінювання здійснюється під управлінням технічних стандартів, таких як ISO чи ДСТУ, а також із урахуванням технологічних регламентів. Виконання процесу забезпечується механізмами, серед яких лабораторне обладнання, програмне забезпечення для аналізу й експертна група фахівців.

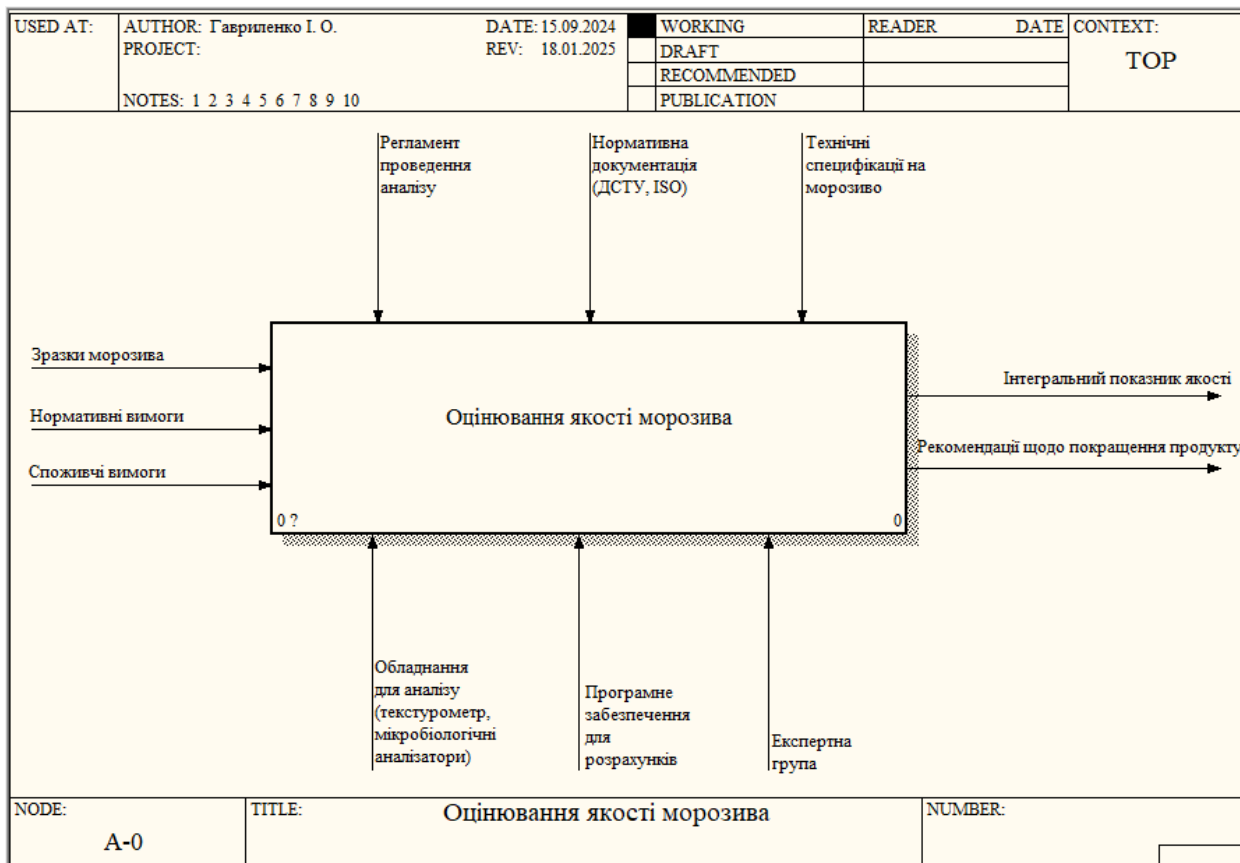


Рисунок 3.2 – Контекстна діаграма процесу оцінювання якості морозива

### 3.3.2 Побудова діаграми декомпозиції першого рівня

Після визначення контексту процесу відбувається декомпозиція на чотири ключові функції, кожна з яких представляє важливий етап оцінювання (рис. 3.3). Фізико-хімічний аналіз відповідає за визначення основних властивостей морозива, таких як вміст жиру, білка, сухих речовин і кислотність. Сенсорний аналіз охоплює оцінку текстури, смаку та кольору продукту. Мікробіологічний аналіз передбачає перевірку безпечності продукту, включаючи виявлення патогенів і визначення мікробіологічних показників. Завершальним етапом є інтеграція результатів, де всі отримані дані обробляються для розрахунку інтегрального показника якості.

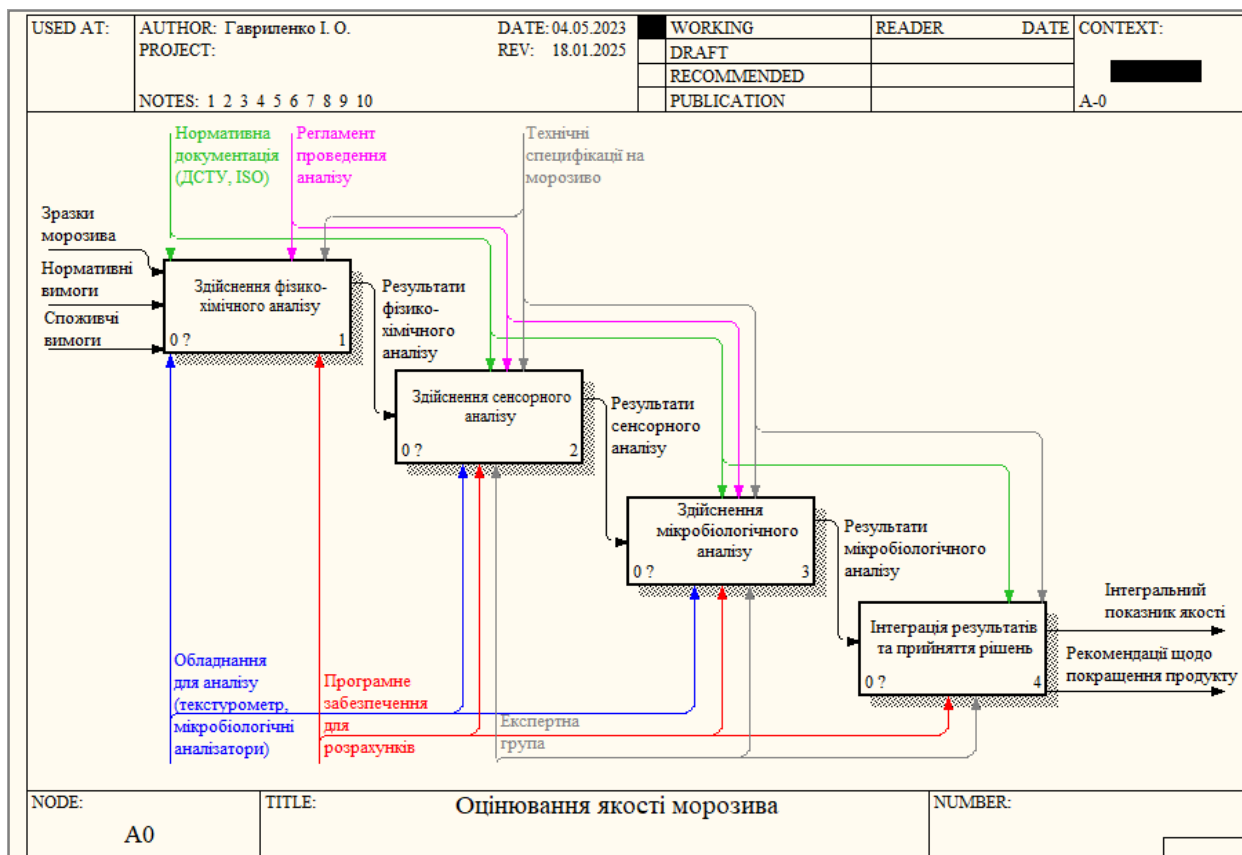


Рисунок 3.3 – Діаграма декомпозиції першого рівня процесу оцінювання якості морозива

### 3.3.3 Побудова діаграм декомпозиції другого рівня

Кожен із зазначених процесів першого рівня піддається подальшій деталізації (рис. 3.4 – 3.7). Наприклад, фізико-хімічний аналіз складається з таких підпроцесів, як визначення масової частки жиру, білка, сухих речовин і кислотності. Подібним чином, сенсорний аналіз деталізується у вигляді оцінки смакових характеристик, кольору, текстури та загальної привабливості продукту. Такий підхід дозволяє не лише описати кожен етап роботи, а й виявити взаємозв'язки між ними, забезпечуючи логічність і послідовність у проведенні оцінювання.

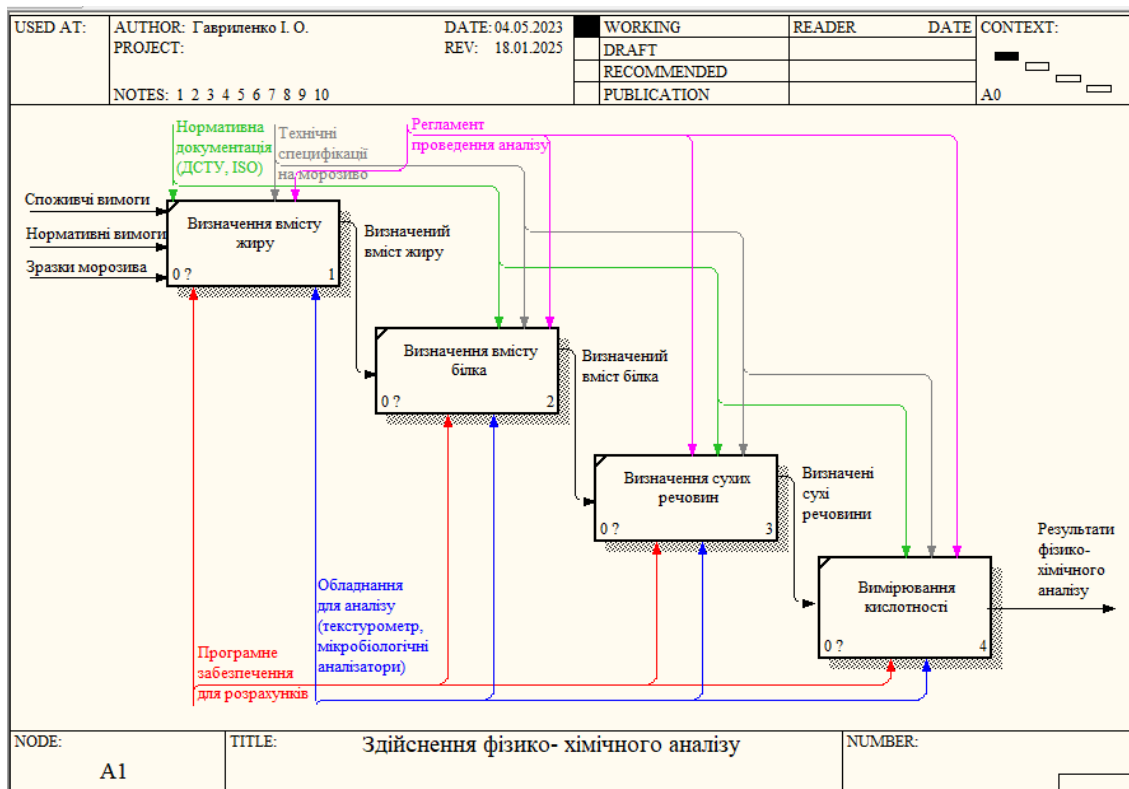


Рисунок 3.4 – Діаграма декомпозиції другого рівня процесу здійснення фізико-хімічного аналізу

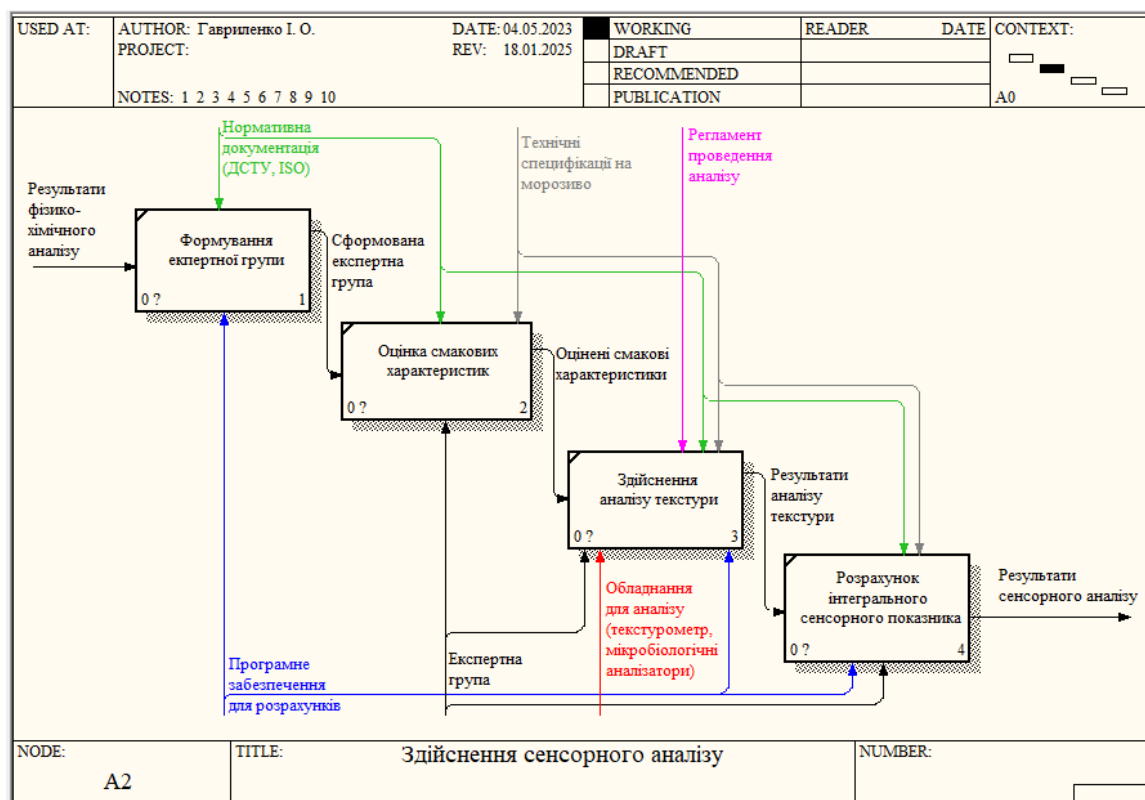


Рисунок 3.5 – Діаграма декомпозиції другого рівня процесу здійснення сенсорного аналізу

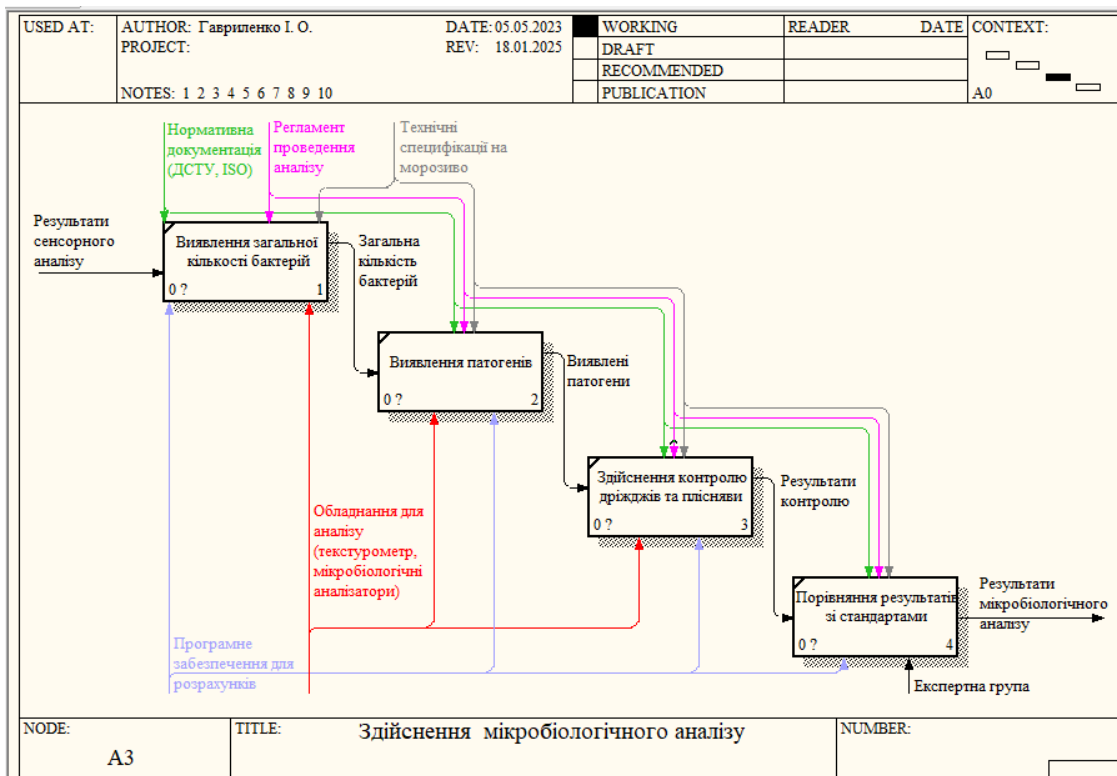


Рисунок 3.6 – Діаграма декомпозиції другого рівня процесу здійснення мікробіологічного аналізу

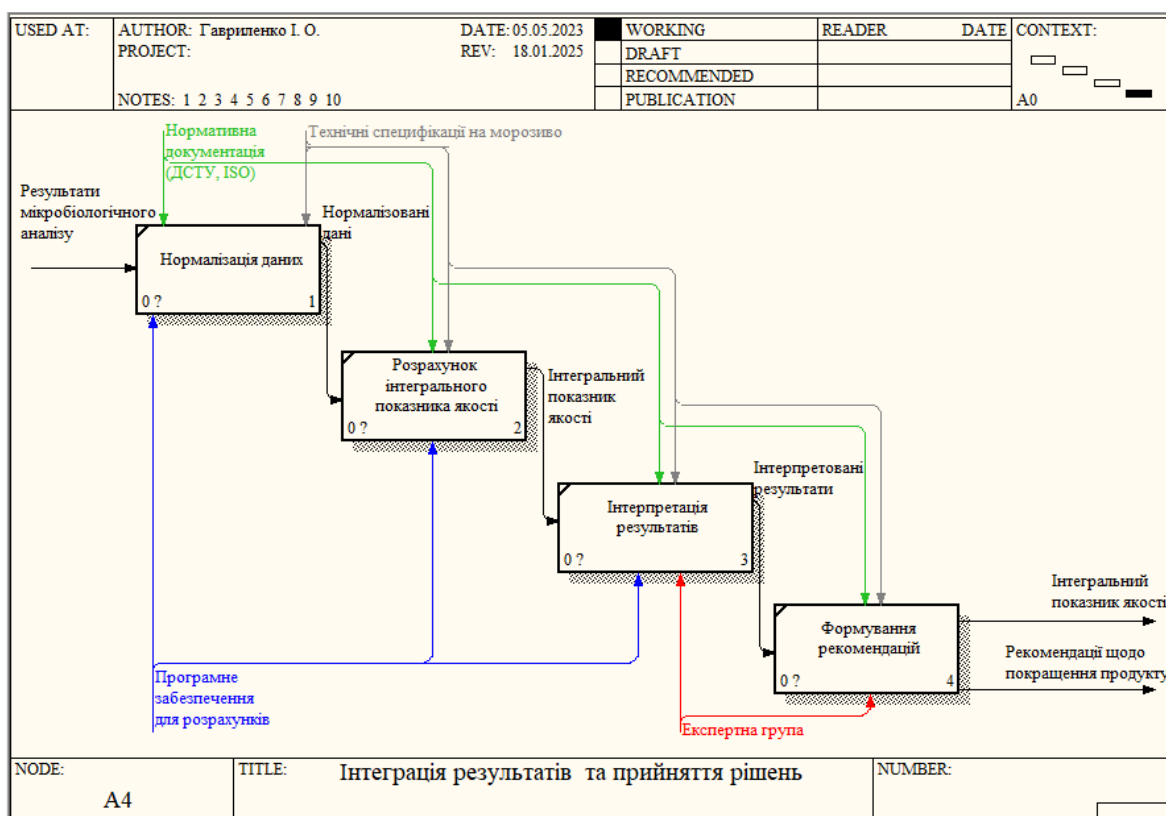


Рисунок 3.7 – Діаграма декомпозиції другого рівня процесу інтеграції результатів та прийняття рішень

Застосування стандарту IDEF0 для моделювання методики оцінювання якості морозива забезпечує низку суттєвих переваг. Завдяки чіткій структурі

кожен етап процесу представлений у формалізованій формі, що виключає можливість плутанини. Універсальність методу дозволяє охопити всі аспекти процесу, забезпечуючи зрозумілість моделі для виробників, дослідників і регуляторних органів.

IDEF0 є сумісним із загальноприйнятими стандартами, такими як ISO, що спрощує інтеграцію методики в існуючі системи управління якістю. Крім того, використання цього підходу сприяє розробці автоматизованих систем контролю, де кожен етап може бути реалізований у вигляді програмного алгоритму. Це значно підвищує ефективність процесу оцінювання, забезпечуючи його прозорість і надійність.

### 3.4 Перспективи подальшої роботи

Розроблена методика оцінювання якості морозива має потенціал для широкого застосування у харчовій промисловості, особливо на етапах контролю якості продукції. Застосування блок-схеми покрокового алгоритму методики та моделі за стандартом IDEF0 дозволяє систематизувати аналіз фізико-хімічних, сенсорних, мікробіологічних та споживчих характеристик. Це забезпечує інтеграцію різноманітних даних у єдиний інтегральний показник, що є важливим для прийняття обґрунтованих рішень щодо якості продукту;

Перспективи дослідження та впровадження методики:

- адаптація до сучасних технологій

Методика має потенціал для подальшої автоматизації, що відкриває можливість її інтеграції у сучасні інформаційно-вимірювальні системи. Це дозволить зменшити вплив людського фактору, підвищити точність і швидкість аналізу, а також забезпечити стандартизованість процедур. У майбутньому можлива розробка програмного забезпечення, яке автоматично здійснюватиме розрахунки та візуалізацію даних.

- розширення сфери застосування

Окрім оцінювання якості морозива, методика може бути адаптована для аналізу інших видів харчової продукції, зокрема десертів на основі молока чи

рослинних інгредієнтів. Це розширить її функціональність та сприятиме її використанню в різних сегментах харчової промисловості.

## ВИСНОВКИ

У межах даної магістерської роботи виконано розробку методики оцінювання якості морозива, яка базується на інтеграції сучасних підходів до аналізу. Основні результати роботи включають:

- аналіз існуючих методик (визначено переваги та недоліки сучасних методів оцінювання якості морозива, що дозволило обґрунтувати необхідність їх удосконалення);
- аналіз літературних джерел щодо апробації результатів розробки методик, суміжних оцінюванню якості морозива;
- розробка алгоритму (створено детальний алгоритм, який охоплює всі етапи оцінювання, включаючи фізико-хімічний, сенсорний, мікробіологічний аналізи та інтеграцію отриманих результатів);
- візуалізація методики (за допомогою блок-схеми продемонстровано взаємозв'язок між етапами аналізу, що забезпечує зрозумілість і зручність у використанні методики);
- побудова моделі методики оцінювання якості морозива (сформовано контекстну діаграму, а також діаграми декомпозиції першого та другого рівнів);
- удосконалення інструментарію (розглянуто можливість інтеграції методики з автоматизованими системами, що дозволяє підвищити ефективність і надійність контролю якості).

Розроблена методика є важливим інструментом для підвищення якості харчової продукції, зокрема морозива, у сучасних умовах зростаючої конкуренції та вимог до стандартів якості. Вона сприяє не лише оптимізації виробничих процесів, а й формуванню довіри споживачів до продукції, забезпечуючи її відповідність міжнародним стандартам.

Для розширення можливостей методики важливо зосередитись на її адаптації до автоматизованих систем і впровадженні штучного інтелекту. Це відкриває перспективи для створення універсальної системи оцінювання якості, яка зможе враховувати як фізико-хімічні параметри, так і суб'єктивні сенсорні оцінки.

Дана робота закладає фундамент для подальшого розвитку науково-практичних підходів до управління якістю харчової продукції, забезпечуючи стабільність, безпеку та високий рівень задоволення споживачів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 31457-2012. Морозиво. Загальні технічні умови.
2. Smith J. Ice Cream Technology. — New York: Academic Press, 2020.
3. ISO 22000:2018. Food safety management systems.
4. Brown K. Quality Assessment in Food Production. — Springer, 2019.
5. Європейські стандарти харчової продукції. URL: <https://eufoodstandards.com>.
6. FAO/WHO Expert Report on Food Safety Standards. URL: <https://fao.org/standards>.
7. Johnson R. "Innovative Methods in Ice Cream Analysis." *Food Science Journal*, 2021, vol. 35, no. 2, pp. 45-56.
8. Pop, C., Frunză, G., & Pop, I. M. (2020). Application of QFD methodology (house of quality) for production of fruit ice cream. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 63(1).
9. Harfoush, A., Fan, Z., Goddik, L., & Haapala, K. R. (2024). A review of ice cream manufacturing process and system improvement strategies. *Manufacturing Letters*, 41, 170-181.
10. Bahram-Parvar, M. (2015). A review of modern instrumental techniques for measurements of ice cream characteristics. *Food chemistry*, 188, 625-631.
11. Cadena, R. S., & Bolini, H. M. A. (2011). Time–intensity analysis and acceptance test for traditional and light vanilla ice cream. *Food Research International*, 44(3), 677-683.
12. Mortazavian, A. M., Kheynoor, N., Pilevar, Z., Sheidaei, Z., Beikzadeh, S., & Javanmardi, F. (2020). Rheological Characteristics and Methodology of Ice Cream: A Review. *Current Nutrition & Food Science*, 16(5), 666-674.
13. Okoye, E. C., Onyekwelu, C. N., & Nghowu, C. A. (2018). Development, Quality Evaluation and Acceptability of Ice Cream from Cow Milk, Tigernut and African Yam Bean Seed Milk. *Asian Food Science Journal*, 3(4), 1-8.

14. Nalbone, L., Vallone, L., Giarratana, F., Virgone, G., Lamberta, F., Marotta, S. M., ... & Ziino, G. (2022). Microbial risk assessment of industrial ice cream marketed in Italy. *Applied Sciences*, 12(4), 1988.