

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Навчально-науковий інститут денної освіти

Форма навчання денна

Кафедра товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

Г. БІРТА

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Біотехнологічні способи виробництва та комплексна оцінка
якості крохмалю»**

зі спеціальності

162 Біотехнології та біоінженерія

(шифр, назва)

освітня програма

«Біотехнологія»

ступеня

бакалавр

(бакалавр, магістр)

Виконавець роботи

Банк Анастасія Віталіївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Полтава – 2025

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота

«Біотехнологічні способи виробництва та комплексна оцінка якості крохмалю» здобувачки вищої освіти групи БТб-41 Банк А.В.

Дана бакалаврська робота присвячена дослідженню біотехнологічних способів виробництва крохмалю та комплексній оцінці його якості. У роботі проаналізовано сучасний стан ринку крохмалю в Україні та світі, розглянуто традиційні й інноваційні технології виробництва, а також оцінено сировинну базу з урахуванням альтернативних джерел.

Мета кваліфікаційної роботи є дослідження сучасних біотехнологічних способів виробництва крохмалю та проведення комплексної оцінки його якості на прикладі окремих вітчизняних зразків.

Завданнями кваліфікаційної роботи було: проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку ринку крохмалю в Україні та світі; вивчити особливості традиційних і біотехнологічних способів виробництва крохмалю; охарактеризувати основні види сировини, що використовуються у виробництві крохмалю; дослідити асортимент крохмалю, який представлений у торгівельній мережі м.Полтава; здійснити оцінку якості зразків крохмалю за органолептичними та фізико-хімічними показниками; провести дегустаційну балову оцінку якості досліджуваних зразків; ознайомитися із особливостями формування та динамікою мікробіологічного складу картопляного крохмалю в процесі виробництва і зберігання; дослідити обрані зразки крохмалю за мікробіологічними показниками; сформулювати висновки і пропозиції.

Ключові слова: біотехнологія, мікробіологія, крохмаль, якість, органолептичні показники, фізико-хімічні показники, дегустаційна оцінка, комплексний показник якості

ANNOTATION

Thesis

«Biotechnological production methods and comprehensive assessment of starch quality» Anastasiia Bank, a student of the BTb-41 group

This bachelor's thesis is devoted to the study of biotechnological methods of starch production and the comprehensive evaluation of its quality. The work analyzes the current state of the starch market in Ukraine and worldwide, considers traditional and innovative production technologies, and assesses the raw material base, including alternative sources.

The aim of the thesis is to investigate modern biotechnological methods of starch production and to conduct a comprehensive quality assessment using selected domestic samples as examples.

The tasks of the thesis included: analyzing the current state and development trends of the starch market in Ukraine and globally; studying the features of traditional and biotechnological methods of starch production; characterizing the main types of raw materials used in starch manufacturing; investigating the range of starch products available in the retail network of Poltava; assessing the quality of starch samples based on organoleptic and physicochemical indicators; conducting a sensory scoring evaluation of the studied samples; examining the formation and dynamics of the microbiological composition of potato starch during production and storage; researching selected starch samples for microbiological parameters; and formulating conclusions and recommendations.

Keywords: biotechnology, microbiology, starch, quality, organoleptic indicators, physicochemical indicators, sensory evaluation, comprehensive quality indicator

ЗМІСТ

Вступ.....	6
 Розділ 1. Огляд літератури	
1.1. Сучасний стан і тенденції розвитку ринку крохмалю в Україні та світі	11
1.2. Особливості традиційних і біотехнологічних способів виробництва крохмалю	17
1.3. Сировинна база для виробництва крохмалю: традиційні та альтернативні джерела	26
 Розділ 2. Дослідна частина	
2.1. Характеристика об'єктів дослідження	33
2.2. Характеристика методів дослідження	36
 Розділ 3. Комплексна оцінка якості крохмалю	
3.1. Дослідження асортименту крохмалю, що реалізується в роздрібній торгівельній мережі м. Полтава	43
3.2. Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості крохмалю	49
3.3. Результати проведення дегустаційної балової оцінки якості крохмалю	53
3.4. Визначення комплексного показника якості крохмалю	55
 Розділ 4. Мікробіологічні показники якості крохмалю	
4.1. Особливості формування та динаміка мікробіологічного складу картопляного крохмалю в процесі виробництва і зберігання	57
4.2. Актуальність, мета, матеріали та методи мікробіологічного дослідження ..	64
4.3. Визначення мікробіологічних показників якості крохмалю	67
 Висновки	 72
Пропозиції	77
Список використаних джерел.....	78
Додатки.....	84

ВСТУП

Сучасна біотехнологія — це міждисциплінарна галузь знань, яка інтегрує досягнення біології, хімії, мікробіології, генетики та інженерії для створення нових або вдосконалення наявних технологічних процесів у різних сферах людської діяльності. Особливо вагомим є внесок біотехнології у розв'язання глобальних проблем, пов'язаних із забезпеченням населення якісною й безпечною продукцією, оптимізацією використання природних ресурсів, зменшенням техногенного навантаження на довкілля, а також розробкою сталих виробничих моделей [67].

У харчовій промисловості біотехнологія посідає провідне місце, оскільки дає змогу впроваджувати інноваційні способи переробки сировини, підвищувати якість продукції, покращувати її органолептичні властивості, продовжувати термін зберігання, а також забезпечувати мікробіологічну безпеку. Особливої уваги заслуговує її застосування у виробництві харчових інгредієнтів, серед яких крохмаль є одним із найбільш поширених і популярних у світі.

Крохмаль — природний полісахарид рослинного походження, який має широкий спектр застосування як джерело вуглеводів у харчуванні людини, а також як функціональний інгредієнт у різноманітних технологічних процесах. Біотехнологічні методи дають змогу вдосконалити процеси виділення та очищення крохмалю, зменшити втрати сировини, підвищити якість кінцевого продукту та адаптувати його властивості до потреб різних галузей харчової промисловості — зокрема кондитерської, хлібопекарської та м'ясопереробної.

Інноваційні біотехнологічні підходи до виробництва крохмалю включають ферментативну обробку для підвищення виходу продукту та зменшення вмісту небажаних домішок; застосування генномодифікованих штамів мікроорганізмів з метою оптимізації процесу гідролізу; мембранні технології для фільтрації й концентрування; а також використання іммобілізованих біокаталізаторів для контрольованого модифікування

структури крохмалю. Такі методи сприяють підвищенню ефективності виробництва, забезпечують високу якість і безпечність продукції.

З хімічної точки зору крохмаль складається з двох полімерів глюкози — амілози (лінійної структури) та амілопектину (розгалуженої структури). Співвідношення цих компонентів визначає фізико-хімічні властивості крохмалю — зокрема його розчинність, драглеутворювальну здатність, в'язкість і стабільність під час термообробки [46].

Біологічна та поживна цінність крохмалю зумовлена його роллю як основного джерела енергії в харчуванні людини. У процесі травлення він розщеплюється до глюкози — простого вуглеводу, який забезпечує енергетичні потреби організму, зокрема нервової та м'язової тканини. Крім того, сучасні дослідження виокремлюють так званий резистентний крохмаль, який не перетравлюється в тонкому кишечнику й позитивно впливає на мікробіоту товстого кишечника, діючи подібно до пребіотиків. Важливо також, що крохмаль не містить глютену, що робить його безпечним для осіб із целиакією.

На сьогодні світовий ринок крохмалю є одним із найбільш динамічних сегментів агропродовольчої та переробної промисловості. За даними міжнародних аналітичних агентств, щорічне глобальне виробництво крохмалю перевищує 80 мільйонів тонн і продовжує зростати. Найбільшими виробниками є США, Китай, країни Європейського Союзу, Бразилія та Таїланд.

Світовий попит охоплює не лише харчову промисловість (понад 60 % загального обсягу), а й фармацевтичну, паперову, текстильну, біоенергетичну галузі. Зростає також інтерес до модифікованих і функціональних крохмалів, які мають специфічні технологічні властивості — стійкість до заморожування, здатність утворювати стабільні гелі, емульгуючі властивості тощо. У цьому контексті активно розвивається сегмент біоорієнтованої переробки крохмалю із застосуванням біотехнологічних рішень [68].

Важливо відзначити, що український ринок крохмалю має значний потенціал для розвитку завдяки сприятливим кліматичним умовам і наявності якісної сировини, зокрема картоплі, кукурудзи та пшениці. Україна є одним із провідних експортерів крохмалю у регіоні, а попит на високоякісну продукцію постійно зростає як на внутрішньому ринку, так і на світових майданчиках. Водночас для подальшого розвитку галузі необхідно впроваджувати сучасні біотехнологічні методи виробництва, які забезпечать підвищення якості, безпечності та конкурентоспроможності українського крохмалю на глобальному рівні [23].

Актуальність кваліфікаційної роботи. Біотехнологічні підходи до виробництва крохмалю дозволяють не лише оптимізувати технологічні процеси, а й покращити якісні характеристики продукції, зменшити енергетичні витрати та екологічне навантаження на довкілля. З огляду на зростаючий попит на натуральні інгредієнти з функціональними властивостями, поглиблене вивчення властивостей крохмалю, методів його ідентифікації, мікробіологічної якості та можливостей удосконалення технологій переробки є своєчасним і суспільно значущим.

Мета кваліфікаційної роботи — дослідження сучасних біотехнологічних способів виробництва крохмалю та проведення комплексної оцінки його якості на прикладі окремих вітчизняних зразків.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку ринку крохмалю в Україні та світі;
- вивчити особливості традиційних і біотехнологічних способів виробництва крохмалю;
- охарактеризувати основні види сировини, що використовуються у виробництві крохмалю (кукурудза, картопля, пшениця, тапіока тощо);
- визначити основні проблеми, пов'язані з якістю крохмалю, та стандартизовані показники його оцінки;

- проаналізувати мікробіологічні показники якості крохмалю та їх значення для безпечності продукції;
- дослідити асортимент крохмалю, представлений у торгівельній мережі м. Полтава;
- здійснити комплексну оцінку якості зразків крохмалю за органолептичними та фізико-хімічними показниками;
- провести бальну оцінку якості досліджуваних зразків;
- проаналізувати зміни мікрофлори крохмалю на різних етапах виробництва;
- розглянути основні принципи мікробіологічного контролю в технологічному процесі виробництва крохмалю.

Об'єкти дослідження — зразки картопляного крохмалю вітчизняного виробництва (ТМ «Сто пудів» (м.Харків); СТОВ «Агрокомплекс-98» (Житомирська область); ТМ «Алексіс» (м.Хмельницький); ТМ «Розумний вибір» (ПБП «Вимал», Чернігівська область)).

Предмет дослідження — біотехнологічні способи виробництва крохмалю та комплексна оцінка його якості, зокрема за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Методи дослідження — у кваліфікаційній роботі використано методи теоретичного аналізу літературних джерел, органолептичної оцінки, фізико-хімічних досліджень відповідно до вимог чинного стандарту ДСТУ 4286:2004 «Крохмаль картопляний. Технічні умови», а також бальну шкалу для комплексної оцінки якості зразків крохмалю.

Результати власних досліджень доповідалися та отримали позитивну оцінку на: X Міжнародній молодіжній науково-практичній інтернет-конференції «Наука і молодь у XXI сторіччі» (Полтавський університет економіки і торгівлі, 28 листопада 2024 року), тема доповіді: «Інноваційні технології біосинтезу крохмалю та їх вплив на якість кінцевого продукту»; II Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні проблеми товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи» (м.Полтава, 27

березня 2025 року) на тему: «Біотехнологічні аспекти виробництва крохмалю з альтернативних рослин»; XLVIII Міжнародній науковій студентській конференції «Актуальні питання розвитку науки та забезпечення якості освіти у XXI столітті» (за підсумками науково-дослідних робіт студентів за 2024 рік, до Дня науки в Україні та Міжнародного року кооперативів 2025 (10 квітня 2025 року) (додаток А).

Структура дипломної роботи: дипломна робота складається із вступу, 4-х розділів, висновків і пропозицій, переліку використаних інформаційних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасний стан і тенденції розвитку ринку крохмалю в Україні та світі

Ринок крохмалю є важливим сегментом агропродовольчої та переробної промисловості, що характеризується значною динамікою розвитку та постійним впровадженням інноваційних технологій. Завдяки універсальності застосування крохмаль використовується в багатьох галузях, що забезпечує стабільний попит і стимулює виробництво як на світовому, так і на національному рівнях. Розуміння сучасного стану та основних тенденцій розвитку ринку крохмалю є необхідною передумовою для ефективного управління виробничими процесами та планування стратегії розвитку підприємств.

Перш за все варто розглянути загальний стан світового ринку крохмалю, зокрема обсяги його виробництва та споживання, провідних виробників і експортерів, а також основні сфери застосування [56].

Світове виробництво крохмалю щорічно перевищує 80 мільйонів тонн, що відображає значний масштаб галузі. Основними країнами-виробниками є США, Китай, країни Європейського Союзу, Бразилія та Таїланд. Ці держави забезпечують більшість світового попиту завдяки наявності великої кількості якісної сировини, а також розвиненим технологічним базам.

Щодо споживання, то найбільша частка крохмалю припадає на харчову промисловість, яка використовує цей продукт як джерело енергії та функціональний інгредієнт для виробництва широкого спектра товарів. Водночас крохмаль застосовується у фармацевтичній, паперовій, текстильній та біоенергетичній галузях, що суттєво розширює ринок збуту і створює додаткові стимули для розвитку виробництва [13].

Для більш детального розуміння сучасного стану світового ринку крохмалю проаналізуємо обсяги виробництва у провідних країнах-виробниках за період 2019–2023 років (таблиця 1.1) [9].

Таблиця 1.1 – Динаміка виробництва крохмалю у світі, млн тонн

Роки	США	Китай	ЄС	Бразилія	Таїланд
2019	10,5	8,2	7,5	5,4	2,3
2020	10,8	8,6	7,8	5,7	2,5
2021	11,0	9,0	8,0	6,0	2,7
2022	11,2	9,3	8,2	6,2	2,8
2023	11,5	9,6	8,4	6,5	3,0

Аналіз динаміки виробництва крохмалю у світі свідчить про стабільне зростання обсягів у період 2019–2023 років, що відображає посилення попиту з боку харчової промисловості, фармацевтики, а також нових сегментів, таких як біоенергетика та екологічні матеріали. США і Китай утримують лідерські позиції за обсягами виробництва, що пов'язано з потужною сировинною базою та технологічним потенціалом. Європейський Союз зберігає значну частку, демонструючи інновації у переробці крохмалю. Виробники з Бразилії та Таїланду активно нарощують обсяги, що зумовлено зростанням внутрішнього і регіонального попиту [52].

Серед провідних виробників та експортерів крохмалю на світовому ринку варто виділити декілька ключових підприємств, які суттєво впливають на динаміку галузі:

- Ingredion Incorporated (США) — один з найбільших виробників крохмалю у світі. У 2023 році компанія випустила близько 3,5 млн тонн крохмалю. Ingredion спеціалізується на виробництві харчових інгредієнтів і функціональних компонентів, що широко застосовуються у харчовій промисловості.
- Cargill, Incorporated (США) — другий за масштабом гравець із виробництва крохмалю, який також активно розвиває біоіндустрію. Обсяг виробництва у 2023 році становив приблизно 3,0 млн тонн.

- Tate & Lyle PLC (Великобританія) — провідна європейська компанія, яка у 2023 році виробила близько 2,5 млн тонн крохмалю та продуктів його переробки.
- Shandong Bailong Chuangyuan Starch Co., Ltd. (Китай) — один із лідерів китайського ринку з обсягом виробництва понад 1,8 млн тонн на рік. Підприємство відоме застосуванням інноваційних біотехнологій.
- CORN Products International (Бразилія) — ключовий виробник у Латинській Америці з виробництвом понад 1,2 млн тонн.

Крохмаль є універсальним біополімером, який знайшов широке застосування у багатьох галузях промисловості, що формує стабільний попит і впливає на розвиток ринку в цілому [57].

Найбільша частина виробленого крохмалю використовується саме у харчовій сфері. Він служить загущувачем, стабілізатором, текстуризатором та наповнювачем у виробництві хлібобулочних виробів, кондитерських виробів, соусів, дитячого харчування та напоїв. В умовах зростаючого попиту на продукти з натуральними інгредієнтами крохмаль відіграє ключову роль у формуванні якісної та безпечної харчової продукції. Крохмаль широко застосовується як наповнювач і зв'язуючий агент при виготовленні таблеток, капсул і порошкових лікарських форм. Його біологічна сумісність і відсутність токсичності роблять його незамінним у фармацевтичному виробництві. У паперовій та текстильній галузях крохмаль використовується для обробки тканин, покращення гладкості та міцності паперу, а також для нанесення спеціальних покриттів, що підвищують експлуатаційні характеристики матеріалів. У зв'язку з глобальним трендом на екологічність, крохмаль застосовується для виробництва біорозкладних матеріалів, замінників пластику, клеїв та інших екологічно безпечних продуктів.

Тваринництво. Крохмаль входить до складу комбікормів, де виконує роль джерела енергії, сприяючи підвищенню продуктивності сільськогосподарських тварин [59].

Ринок крохмалю в Україні демонструє поступове зростання, обумовлене як внутрішнім попитом, так і можливостями експорту. Українська харчова промисловість, виробництво біопластиків, паперових виробів та комбікормів є ключовими напрямками використання крохмалю, серед яких найбільшу частку займає саме харчовий сектор.

На сьогодні найбільшими вітчизняними виробниками крохмалю залишаються:

- ПБП «Вимал» (Чернігівська область) — провідне підприємство з виробництва картопляного та кукурудзяного крохмалю;
- СТОВ «Агрокомплекс-98» (Житомирська область) — виробляє кукурудзяний та пшеничний крохмаль;
- ТМ «Сто пудів» (м.Харків) — провідний вітчизняний виробник картопляного крохмалю;
- ТОВ «Агроснаб» (м.Харків) — один із найстаріших виробників крохмалю;
- ТОВ «Алексіс» (м. Хмельницький) — працює переважно на внутрішній ринок, виробляючи харчовий кукурудзяний крохмаль.

Протягом 2019–2023 рр. ринок крохмалю в Україні демонстрував позитивну динаміку, за винятком 2022 року, коли обсяги виробництва скоротилися внаслідок повномасштабного вторгнення РФ та пов’язаних з цим логістичних, енергетичних і сировинних проблем. Найстійкішу позицію на ринку займає ПБП «Вимал», який спеціалізується на високоякісному картопляному крохмалі й активно працює над розширенням експорту до країн ЄС [62].

На внутрішньому ринку України споживачі демонструють зростаючий інтерес до: картопляного крохмалю вищого ґатунку — перевага за натуральністю і високу чистоту (зазвичай обирають продукцію ТМ «Вимал»); імпортного кукурудзяного модифікованого крохмалю — використовують переважно у промисловості, особливо харчовій та паперовій (імпортується з Китаю, Німеччини, Польщі); органічного крохмалю — сегмент незначний, але

перспективний. Основними постачальниками залишаються німецькі та австрійські виробники.

Українські споживачі, особливо представники малого та середнього бізнесу, надають перевагу вітчизняному крохмалю через доступність, стабільну якість і гнучкість постачання. Великі переробники та харчові компанії схильні імпортувати модифіковані або спеціалізовані крохмалі з-за кордону для технологічних потреб.

Україна має низку регіонів, які спеціалізуються на виробництві крохмалю, залежно від сировинної бази (кукурудза, картопля, пшениця), наявності переробних потужностей та доступу до логістичних маршрутів. Лідерами залишаються північні, центральні та західні області, де вирощується найбільше картоплі та кукурудзи [65].

Таблиця 1.2 – Обсяги виробництва крохмалю в Україні за областями в 2023 році (тис.тонн)

Області України	Основна сировина	Основні підприємства	Обсяг виробництва,
Чернігівська	Картопля	ПБП «Вимал» (м.Чернігів)	29,2
Житомирська	Картопля, кукурудза	СТОВ «Агрокомплекс-98» (м.Коростень)	12,4
Хмельницька	Кукурудза	ТОВ «Алексіс» (м.Хмельницький)	8,7
Полтавська	Кукурудза, пшениця	Дрібні приватні крохмальні цехи	5,3
Харківська	Кукурудза	ТОВ «Агроснаб» (м.Харків)	4,9
Львівська	Картопля	Локальні малі підприємства	2,8
Івано-Франківська	Картопля	ФГ та кооперативи	2,5
Волинська	Картопля	ФГ, неіндустріальна переробка	1,9
Усього			68,7

Абсолютним лідером з виробництва крохмалю в Україні залишається Чернігівська область, де функціонує високотехнологічне підприємство ПБП «Вимал», здатне виробляти понад 40% усього українського картопляного крохмалю. Житомирська та Хмельницька області демонструють стабільну динаміку зростання. СТОВ «Агрокомплекс-98» забезпечує виробництво на

основі як картоплі, так і кукурудзи, тоді як ТОВ «Алексіс» переорієнтовано здебільшого на кукурудзяний сегмент. Полтавська і Харківська області мають помірні показники завдяки діяльності середніх та малих підприємств, які здебільшого працюють на замовлення або в рамках локальних торгових марок. Західні регіони (Львівська, Івано-Франківська, Волинська) поки не забезпечують значних обсягів, однак мають високий потенціал розвитку, особливо в напрямку органічного та дрібносерійного крохмального виробництва. Виробництво в південних та східних регіонах обмежене як з агрокліматичних причин, так і через інфраструктурні та безпекові виклики [9].

Через бойові дії та тимчасову окупацію частини територій (особливо у Харківській, Запорізькій, Херсонській, Донецькій та Луганській областях), значна частина сільськогосподарських угідь була виведена з обробітку. Це призвело до скорочення обсягів сировини, необхідної для виробництва крохмалю.

У зв'язку з бойовими діями та ризиком обстрілів, виробничі потужності концентруються в більш безпечних західних і центральних регіонах України (Чернігівська, Житомирська, Хмельницька області), що також впливає на логістику та перерозподіл ресурсів.

Деякі підприємства зазнали прямих втрат — пошкодження чи повного знищення виробничих об'єктів, складів, електромереж, транспортної інфраструктури, що ускладнило або зробило неможливим подальшу переробку сировини у певних регіонах.

Масовані атаки на об'єкти енергетичної інфраструктури восени та взимку 2022–2023 років спричинили часті відключення електроенергії, що критично вплинуло на стабільність виробничих процесів.

Через порушення логістичних ланцюгів, дефіцит пального, добрив, витратних матеріалів та зростання цін на енергоносії, виробництво крохмалю значно подорожчало, що знизило конкурентоспроможність української продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках [59].

До війни частина крохмалю (особливо кукурудзяного) експортувалася до країн Європейського Союзу, Близького Сходу та Північної Африки. Закриття морських портів, обмеження залізничного сполучення та логістичні бар'єри істотно ускладнили експорт, що призвело до накопичення запасів на складах і зменшення обігових коштів у виробників [58].

Повномасштабна війна з РФ стала серйозним викликом для галузі виробництва крохмалю в Україні. Попри складні умови, частина підприємств змогла адаптуватися до нових реалій, частково релокувалася, оптимізувала процеси або переорієнтувалася на внутрішній ринок. Проте для повноцінного відновлення галузі потрібні державна підтримка, залучення інвестицій, розбудова логістики та відновлення зруйнованої інфраструктури.

1.2. Особливості традиційних і біотехнологічних способів виробництва крохмалю

У сучасному агропромисловому комплексі крохмаль посідає важливе місце серед харчових і технічних інгредієнтів природного походження. Завдяки універсальності властивостей і широкому спектру застосування — від харчової промисловості до фармацевтики, текстильної та паперової галузей — виробництво крохмалю набуває стратегічного значення для багатьох країн, зокрема України. Особливу актуальність має вивчення різних методів одержання крохмалю з урахуванням як традиційних, так і новітніх біотехнологічних підходів. Перед розглядом технологічних особливостей доцільно окреслити саму природу крохмалю як речовини та продукту глибокої переробки сільськогосподарської сировини [4].

Крохмаль — це природний високомолекулярний вуглевод, що належить до групи полісахаридів. Він синтезується в рослинних організмах у процесі фотосинтезу й накопичується у вигляді гранул переважно в органах запасання: насінні, бульбах, коренеплодах, рідше — у стеблах. З хімічного погляду

крохмаль складається з двох полімерів глюкози — амілози та амілопектину, співвідношення яких визначає фізико-хімічні властивості кінцевого продукту [6].

Основними джерелами сировини для виробництва крохмалю є сільськогосподарські культури, зокрема кукурудза, картопля, пшениця, рис, сорго, тапіока та інші. Вибір сировини обумовлюється регіональними особливостями, наявністю переробної інфраструктури, сезонністю, а також бажаними параметрами кінцевого продукту. Переробка цієї сировини передбачає низку фізико-хімічних і механічних процесів, що спрямовані на вивільнення крохмальних гранул, їх очищення, концентрування та подальшу сушку або модифікацію.

Таким чином, крохмаль виступає не лише важливим компонентом харчового ланцюга, а й результатом технологічно складного процесу перетворення первинної агросировини в високоякісний функціональний продукт з чітко регламентованими властивостями [24].

Традиційні методи виробництва крохмалю мають багатовікову історію, яка бере початок ще з використання ручної праці для вилучення крохмалю з коренеплодів і зернових культур. Сучасні технології зберегли основні принципи цих процесів, але значно вдосконалили їх з точки зору ефективності, санітарії та автоматизації.

Класичне виробництво крохмалю передбачає низку послідовних стадій, які можуть варіюватися залежно від виду сировини. Найбільш поширеним джерелом для традиційного одержання крохмалю є кукурудза, картопля та пшениця. У загальному вигляді процес можна умовно поділити на такі основні етапи:

1. Підготовка сировини – сировина проходить стадії очищення від домішок, промивання та, у разі потреби, подрібнення. Наприклад, кукурудзу спочатку зволожують і витримують у воді (замочування), щоб полегшити подальше розділення компонентів.

2. Розщеплення клітинної структури передбачає механічне або гідротермічне подрібнення з метою руйнування клітинної оболонки та вивільнення крохмальних гранул. У виробництві кукурудзяного крохмалю використовують мокре фрезерування (wet milling), у той час, як для картоплі та пшениці — валкові млини, роторні подрібнювачі.

3. Відділення крохмалю від інших компонентів методом сепарації. Виділення крохмалю відбувається за допомогою сит, декантаторів, центрифуг або гідроциклону. На цьому етапі також відділяють білкові фракції, клітковину, зародок тощо.

4. Очищення і концентрування крохмальної суспензії – крохмальна маса проходить багаторазове промивання для видалення домішок, зокрема білків, мінералів і залишків розчинних вуглеводів. Після цього отриману суспензію концентрують до потрібної густини.

5. Сушіння очищеної суспензії здійснюється у сушильних установках, де крохмаль перетворюється на сипкий порошок із вологістю 12–14%. Найчастіше використовують барабанні або розпилювальні сушарки.

6. Просіювання і пакування. Готовий крохмаль просіюється, щоб отримати однорідну фракцію, а потім фасується згідно з технічними умовами. Він може зберігатися або безпосередньо реалізовуватись як нативний продукт, або підлягати подальшій модифікації [15].

Важливо зазначити, що традиційні методи мають як переваги, так і обмеження. Їх перевага — у відносній технологічній простоті, перевірності, масштабованості та відносно низькій вартості виробництва. Водночас класичні підходи часто не забезпечують належної енергоефективності та екологічної безпечності, потребують значних обсягів води, утворюють великі обсяги вторинних відходів.

У контексті сучасних викликів сталого розвитку все актуальнішими стають альтернативні технології, зокрема біотехнологічні способи одержання крохмалю, які забезпечують підвищення виходу, селективність процесів та мінімізацію екологічного навантаження.

Сучасні біотехнологічні підходи до переробки крохмалевмісної сировини передбачають активне застосування ферментів – біологічних каталізаторів, які забезпечують селективне, контрольоване та ефективне перетворення складних вуглеводів у продукти з заданими властивостями. Ферментативні методи є не лише екологічно безпечними, а й економічно вигідними, оскільки дозволяють мінімізувати енергозатрати, знизити використання хімічних реагентів і скоротити час виробничих процесів [5].

Основною метою ферментативної обробки є гідроліз крохмалю до менш складних вуглеводів — декстринів, мальтози, глюкози, ізомальтози тощо. Цей процес відбувається під дією амілазійного комплексу ферментів, основними серед яких є:

Альфа-амілаза (α -амілаза) — фермент, що здійснює ендогідроліз α -1,4-глікозидних зв'язків у крохмалі, декстринах і глікогенах, з утворенням коротколанцюгових олігосахаридів. Застосовується переважно на першій стадії розрідження суспензії крохмалю.

Бета-амілаза (β -амілаза) — здійснює відщеплення мальтозних залишків з немодових кінців молекули крохмалю, але не діє на розгалуження.

Глюкоамілаза — каталізує розщеплення як α -1,4-, так і α -1,6-глікозидних зв'язків з утворенням глюкози, що є ключовим ферментом для отримання повного гідролізу крохмалю в глюкозу.

Ізоглюкоранідаза (пулуаназа) — розщеплює α -1,6-зв'язки в точках розгалуження, забезпечуючи більш повний гідроліз амілопектину [48].

Ферментативна технологія переробки крохмалю поділяється на кілька основних стадій:

- розрідження (лікуїфікація) – на цій стадії підвищується текучість суспензії завдяки дії α -амілази, яка діє при температурі 85–105 °C у присутності кальцію. Крохмаль гідролізується до декстринів — коротколанцюгових олігосахаридів із низькою в'язкістю. Цей процес забезпечує стабільну основу для подальшого гідролізу;

- гідроліз до моносахаридів) – глюкоамілаза (та інші ферменти) вводить після охолодження середовища до 55–60 °С. Протягом кількох годин (часто до 24 годин) здійснюється глибокий гідроліз до глюкози чи інших цукрів. У разі потреби отримання фруктози — застосовують ізомерази, зокрема глюкозоізомеразу;
- для створення спеціалізованих крохмалепохідних (резистентний крохмаль, декстрини, циклічні олігосахариди) використовують додаткові ферменти — циклодекстринглікозилтрансферази, транглюкозидази тощо [11].

Промислові амілази зазвичай отримують шляхом мікробіального синтезу з використанням генетично модифікованих штамів бактерій роду *Bacillus* (наприклад, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*) або грибів роду *Aspergillus*. Застосування таких мікроорганізмів дозволяє досягти високої стабільності та активності ферментів при різних умовах рН та температури. Препарати піддаються очищенню і контролюються на наявність токсичних залишків.

Переваги ферментативних методів полягає у високій селективності (точність дії ферментів дозволяє уникнути побічних продуктів); економічності (зменшення енергоспоживання, відсутність потреби в жорстких умовах обробки); сталому розвитку (зменшення хімічного забруднення, зниження водного навантаження на довкілля); універсальності (можливість модифікації продукту під потреби конкретної галузі (харчова, фармацевтична, паперова) [26].

Біотехнологічні ферментативні підходи активно застосовуються на сучасних виробництвах. Наприклад, компанії Cargill Inc. (США), Tate & Lyle (Велика Британія), Roquette Frères (Франція) використовують багатоступеневі ферментативні технології для виробництва широкої лінійки продуктів: глюкозних сиропів, мальтодекстринів, модифікованих крохмалів, функціональних харчових інгредієнтів.

В Україні біотехнологічні технології застосовують у переважно частковому режимі (етапи розрідження і сахаризації), хоча у провідних

підприємств, як-от ПБП «Вимал» (Чернігівська обл.) або «Агрокомплекс-98» (Житомирщина), поступово впроваджується сучасне ферментне обладнання, зокрема від європейських постачальників (наприклад, Novozymes, Genencor).

У контексті сучасної біотехнології та концепції циркулярної економіки все більшого значення набуває переробка побічної сировини та використання нетрадиційних джерел для одержання крохмалю або крохмалепохідних речовин. Біоконверсія — це процес, за якого органічні відходи або низькоцінна сировина перетворюються на цінні продукти шляхом ферментативної, мікробіологічної або хмоензиматичної обробки. Це не лише знижує виробничі витрати, але й суттєво зменшує екологічне навантаження [19].

У традиційному виробництві крохмалю основними джерелами сировини є картопля, кукурудза, пшениця, рис. У процесі їх переробки утворюються значні обсяги побічних продуктів, які часто мають цінний склад і можуть бути залучені до повторної біотехнологічної обробки: картопляна м'якоть (пульпа) — містить залишковий крохмаль, клітковину та білок. Її ферментативна обробка дозволяє додатково вилучити до 5–7 % цінного крохмалю; висівки пшеничні — при використанні ферментів, зокрема ксиланаз і целюлаз, можливе часткове вивільнення крохмалевмісної фракції; відходи кукурудзяного зародка — після знежирення містять крохмаль, який можна перетворити на глюкозу або інші вуглеводи через мікробіологічні або ферментативні шляхи.

Інноваційні підприємства розробляють замкнуті технологічні цикли, у яких залишки сировини піддаються біоконверсії з метою одержання додаткових обсягів продукції або використання як субстрату для інших біотехнологічних процесів (наприклад, виробництва біоетанолу, органічних кислот, біогазу) [21].

Перспективним напрямом є використання мікроорганізмів-продуцентів ферментів (зокрема, видів *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Bacillus*), які можуть безпосередньо розщеплювати складні вуглеводи у відходах або

нетрадиційній сировині до простих цукрів. Такі підходи застосовують у технологіях: твердофазної ферментації (SSF) — для високоенергетичних залишків (лушпиння, м'якоть, висівки); рідинної ферментації (SmF) — для розчинних або розріджених залишків, ферментних гідролізатів.

Отримані глюкоза або мальтодекстрин можуть бути використані не лише для харчової промисловості, а й як субстрати для вторинного біосинтезу (виробництво ферментів, органічних кислот, спиртів, біополімерів тощо) [45].

Сучасні біотехнологічні комплекси для виробництва крохмалю інтегрують автоматизовані системи ферментації, гідролізу та сепарації. Провідні світові виробники активно впроваджують інноваційні модулі, що дозволяють гнучко адаптувати процес під тип сировини та вимоги до готового продукту.

Компанія Novozymes A/S (Данія) — світовий лідер у сфері промислових ферментів — постачає лінійки ензимів для крахмалепереробної галузі. Установки, що працюють із цими ферментами, дозволяють реалізувати: одноетапний гідроліз крохмалю з максимальною конверсією до глюкози; безваріантне отримання глюкозного сиропу без потреби у високотемпературному нагріванні; використання ферментів зі стабільною активністю в широкому діапазоні pH.

Технологічні лінії від GEA Group (Німеччина) мають комплексні рішення для біопереробки крохмалевмісної сировини, включаючи: ферментативні реактори із системами автоматичного дозування ферментів; мембранні модулі ультрафільтрації для відділення цільового продукту; енергозберігаючі сушильні системи, сумісні з екологічними стандартами. Заводи на базі технологій GEA успішно функціонують у США, Франції, Китаї та Бразилії.

У країнах Центральної та Східної Європи (зокрема Польща, Угорщина, Україна) налагоджено випуск адаптованих біотехнологічних установок для середніх підприємств. В Україні деякі модернізовані крахмалепереробні підприємства використовують: ферментативні каскади для обробки кукурудзи та пшениці; програмовані системи контролю процесів гідролізу та декантації;

обладнання для локального біоочищення стічних вод ферментативного походження [33].

Стартапи на кшталт StarchTech, GreenBiosystems, EnzyCrops (США, Нідерланди, Індія) працюють над створенням компактних, модульних біореакторів, що можуть застосовуватись у фермерських кооперативах або малих переробних центрах. Їх ключовими перевагами є: мобільність і низька вартість впровадження; мінімальні вимоги до персоналу; інтеграція з системами IoT для дистанційного моніторингу ферментації.

У контексті глобального потепління, вичерпання природних ресурсів та посилення екологічного регулювання агропромислової галузь зазнає суттєвих трансформацій. Одним із провідних трендів у виробництві крохмалю є перехід до «зелених» технологій. Це включає мінімізацію використання хімічних реагентів, заміну енергомістких процесів на більш економічні та застосування замкнених водно-теплових циклів.

На світовому рівні провідні виробники — такі як *Cargill Inc.*, *Ingredion Incorporated*, *Roquette* — впроваджують системи енергоефективного сушіння, використання біогазу з органічних відходів, повторного використання технологічної води. Окрім того, підприємства активно впроваджують системи моніторингу викидів і цифрового контролю за ресурсоспоживанням.

В Україні ці тенденції поки що реалізуються точково, переважно на підприємствах з доступом до зовнішніх інвестицій або міжнародних партнерств. Проте навіть у межах обмежених ресурсів спостерігаються приклади впровадження теплової рекуперації, механізованого контролю параметрів виробництва, зменшення стічних вод внаслідок очищення та повторного використання [47].

Останні десятиліття засвідчили суттєве зростання інтересу до біотехнологічних рішень як інструменту модернізації традиційного виробництва. Сучасне крахмалепереробне виробництво дедалі частіше використовує ферментативні етапи замість кислотного гідролізу, що дозволяє

знизити агресивність технологічного середовища, зменшити зношення обладнання та поліпшити якість кінцевого продукту [22].

Інтеграція біотехнологій відбувається не лише на етапі вилучення крохмалю, але й у процесах його модифікації, наприклад, шляхом біообробки для покращення функціональних властивостей (згущення, плівкоутворення, стабільність до заморожування). Окремі підприємства застосовують мікробіологічні методи для покращення властивостей крохмалю без використання хімічних агентів, що відкриває нові можливості в харчовій та фармацевтичній промисловості.

Для України перспективними є напрямки використання локальних штамів мікроорганізмів, адаптованих до вітчизняної сировини, що дозволяє знизити собівартість біотехнологічних процесів. Приклади таких рішень можна знайти серед пілотних проєктів профільних університетів і аграрно-біотехнологічних кластерів.

Науково-технічний прогрес є рушієм сучасних змін у виробництві крохмалю. Інновації, засновані на синергії біотехнології, хімічної інженерії, автоматизації та цифрових систем, забезпечують зростання ефективності, точності та стабільності виробничих процесів.

У країнах ЄС, США, Китаї та Індії значні інвестиції спрямовуються на дослідження в галузі ферментативного гідролізу, створення генетично оптимізованих мікроорганізмів, розробку нових типів біореакторів. Наприклад, впровадження біосенсорів для контролю ферментативних реакцій дозволяє зменшити втрати на 10–15 % у порівнянні з традиційним моніторингом [34].

В Україні наукові установи, зокрема Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України, профільні кафедри університетів активно працюють над адаптацією світових технологій до українських реалій. Проте впровадження результатів досліджень у промисловість залишається складним через брак інвестицій та нестабільне економічне середовище.

У майбутньому саме тісна співпраця науки, виробництва й освітніх установ може стати ключем до прискореної модернізації галузі та посилення конкурентоспроможності українського крохмалю на світовому ринку [20].

Таким чином, біотехнології не лише дозволяють оптимізувати виробництво крохмалю з економічної та екологічного погляду, але й формують основу для сталого розвитку харчової та переробної галузей. У майбутньому саме інноваційні біопідходи стануть ключовим чинником конкурентоспроможності крахмалепереробної промисловості як на національному, так і на глобальному рівнях.

1.3. Сировинна база для виробництва крохмалю: традиційні та альтернативні джерела

Сировинні ресурси відіграють ключову роль у формуванні якісних показників, технологічної ефективності та економічної доцільності під час виробництва крохмалю. Різноманітні види сільськогосподарської продукції характеризуються специфічними морфолого-анатомічними й біохімічними властивостями, що безпосередньо впливають на вихід крохмалю, його фізико-хімічні характеристики та потенціал подальшого застосування в харчовій, паперовій, фармацевтичній, текстильній та інших промисловостях. В умовах сучасного аграрного виробництва особливої актуальності набуває обґрунтоване та стратегічне формування сировинної бази, до якої належать як традиційні культури — кукурудза, картопля, пшениця, рис, — так і нетрадиційні джерела, зокрема тапіока, сорго, батат і побічна агропереробна сировина [14].

Глобальні тенденції свідчать про посилення інтересу до використання нетипових або раніше малоефективних джерел сировини, які завдяки розвитку біотехнологій набувають статусу перспективних альтернатив. Така динаміка обумовлена як необхідністю адаптації до кліматичних викликів, так і

потребою впровадження екологічно орієнтованих, ресурсоефективних виробничих практик [31].

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є традиційною крохмалевмісною сировиною, яка характеризується високим вмістом крохмалю в бульбах — у середньому від 12% до 22%, залежно від сорту, агрокліматичних умов і технології вирощування. Завдяки значному вмісту амілопектину й відносно низькій кількості сторонніх домішок, картопляний крохмаль вирізняється високою якістю, білизною, високою в'язкістю та хорошими драглюючими властивостями. В Україні основні площі під промисловим вирощуванням картоплі сконцентровані у північних та західних регіонах — Житомирська, Київська, Чернігівська, Львівська та Волинська області. Саме тут розміщено найбільші переробні підприємства, що займаються виділенням крохмалю з картопляної сировини. Сорти, які спеціально вирощують для крохмалевиробництва (наприклад, «Світанок київський», «Темп», «Фаворит»), відзначаються високим вмістом сухих речовин (до 25%) і крохмалю, що сприяє економічній доцільності їх використання.

Технологічні переваги картопляного крохмалю наступні, по-перше він має великі овальні гранули, що зумовлює його високу драглеутворювальну здатність. По-друге картопляний крохмаль не має у своєму складі глютену, що робить продукт привабливим при виробництві безглютенової продукції. По-третє, порівняно з іншими культурами, картопля легше піддається механічній обробці (подрібненню та виділенню соку) [3].

Картопляний крохмаль найбільше використовують у харчовій промисловості як загущувач та стабілізатор, у фармацевтиці, як наповнювач таблеток і капсул, у текстильній і паперовій галузях — для покращення властивостей волокон і паперу. Новітнім є застосування крохмалю як компонента біорозкладальних матеріалів при виробництві біопластику.

Кукурудза (*Zea mays* L.) є найпоширенішим джерелом крохмалю у світі. Завдяки високому вмісту крохмалю в зерні (від 65% до 72%), легкості вирощування, стабільним урожаєм і широкому спектру переробки, кукурудза

посідає провідне місце в глобальному крохмалевиробництві. З кукурудзяного зерна отримують як нативний крохмаль, так і модифіковані форми, декстрини, мальтодекстрин, сиропи (включно з глюкозо-фруктозним), біоетанол тощо. Україна входить до першої десятки світових експортерів кукурудзи. Основні регіони вирощування: Полтавська, Вінницька, Черкаська, Кіровоградська, Дніпропетровська області. Серед провідних підприємств з переробки кукурудзи на крохмаль — ПрАТ «ДніпроКрохмаль» (Дніпропетровська обл.), ТОВ «Агроснабсервіс» (Черкаська обл.), ТОВ «Вимал» (Чернігівська обл.) [9].

Промислове використання кукурудзи як сировини для виробництва крохмалю має низку суттєвих переваг. По-перше, її відзначає висока і стабільна доступність: щорічний урожай кукурудзи в Україні становить близько 25–30 мільйонів тонн, що забезпечує надійну сировинну базу для переробних підприємств. По-друге, більшість заводів працюють за принципом біорефінерії, що дозволяє ефективно використовувати всі компоненти зерна з мінімальними втратами та високим рівнем комплексності виробництва. Крім того, кукурудзяний крохмаль має технологічно вигідні властивості — добру розчинність, низьку температуру клейстеризації та нейтральний смак — що робить його універсальним інгредієнтом у харчовій, фармацевтичній, паперовій та інших галузях промисловості.

Технологічні переваги кукурудзяного крохмалю наступні: високий вихід крохмалю з одиниці сировини (в середньому 60–68%); можливість фракціонування зерна на компоненти: крохмаль, білки (глютен), зародок, клітковину; добра збереженість зерна, що дозволяє планувати переробку впродовж року без втрат якості [21].

Найчастіше кукурудзяний крохмаль використовується у харчовій промисловості для загущення консистенції у соусах та кондитерських виробках; як наповнювач та стабілізатор у фармацевтичній галузі. У хімічній промисловості кукурудзяний крохмаль використовується як основа для клеїв, плівок, пакування, у біоіндустрії — як сировина для біоетанолу та біопластиків [49].

Пшениця (*Triticum spp.*) є однією з основних зернових культур, вирощуваних у світі, та важливим джерелом крохмалю, особливо в Європі. У структурі зерна крохмаль становить близько 60–65% його маси, концентруючись переважно в ендоспермі. Пшеничний крохмаль вирізняється тонкою структурою зерен, високою білизною, невеликою розмірністю гранул та специфічною функціональністю, яка зумовлює його широке застосування у харчовій та фармацевтичній галузях. Україна є одним із найбільших виробників і експортерів пшениці у світі, проте лише незначна частина зерна спрямовується на глибоку переробку. Основні потужності з виробництва пшеничного крохмалю розміщені у центральних і західних областях. Проблемою залишається низький рівень інвестицій у створення сучасних ліній для фракціонування пшениці.

Процес вилучення крохмалю з пшениці є складнішим, ніж із кукурудзи, оскільки вимагає ефективного відокремлення глютену (клейковини), який становить близько 10–15% від маси зерна. Основні етапи включають підготовку зерна, замочування, розмелювання, виділення глютену (мокрим способом), відокремлення крохмальної суспензії, сушіння та доочистку. Важливим побічним продуктом при цьому є пшеничний глютен — цінна сировина для виробництва білкових концентратів, кормів та харчових добавок [39].

У харчовій промисловості пшеничний крохмаль використовують як стабілізатор, загущувач, носій текстури у м'ясопереробній, кондитерській, молочній продукції. Virізняється хорошими емульгувальними властивостями. У фармацевтиці застосовується для виготовлення таблеток, гранул, у косметичі — як природний наповнювач. У промисловості — для виробництва клеїв, паперу, біопластику.

Серед переваг — стабільна доступність сировини, можливість одночасного отримання декількох продуктів (крохмаль, глютен, висівки), високі органолептичні властивості готового крохмалю. Водночас, основними обмеженнями залишаються більш складна технологія переробки порівняно з

кукурудзою, менший вихід продукту та залежність якості крохмалю від сорту та умов вирощування пшениці.

Рис є важливою сировиною для виробництва крохмалю, особливо в країнах Азії, де його вирощування має масштабний характер. У світовому контексті рисовий крохмаль високо цінується завдяки своїм унікальним функціональним властивостям: дрібнодисперсній структурі гранул, високій чистоті та гіпоалергенності. Рис є привабливим для використання у виробництві продуктів дитячого харчування, дієтичних сумішей, косметики, а також у фармацевтичній промисловості [45].

У технологічному аспекті рисовий крохмаль характеризується високою температурою клейстеризації та стабільністю при зберіганні, що сприяє його застосуванню у виробництві желеподібних структур і плівкоутворювальних агентів. Попри те, що в Україні рис вирощується обмежено (здебільшого в Херсонській області), зацікавленість у рисовому крохмалі зростає у зв'язку з розвитком технологій його імпорту та подальшої переробки. Крім того, глобальна тенденція до пошуку безглютенкових інгредієнтів у харчовій промисловості стимулює збільшення попиту на рисовий крохмаль як альтернативу крохмалю із пшениці чи ячменю.

Тапіока та батат — це приклади альтернативної сировини для виробництва крохмалю, які в умовах глобального потепління, зміни агрокліматичних зон і пошуку нових джерел крохмалю набувають все більшого значення у світі [20].

Тапіока (маніока, касава) — це тропічна культура, бульби якої містять до 30–35% крохмалю. Тапіоковий крохмаль має високу прозорість гелю, нейтральний смак і виняткову стабільність при заморожуванні та розморожуванні, що робить його ідеальним для використання в заморожених продуктах, десертах, соусах, а також у текстильній та паперовій промисловості. У промислових масштабах його виробляють переважно в Таїланді, Індонезії, В'єтнамі та Нігерії. Тапіоковий крохмаль експортується по всьому світу, включно з країнами ЄС, де він використовується як інгредієнт у

функціональних харчових продуктах. Зважаючи на високий вихід крохмалю з одиниці площі, ця культура має значний біоекономічний потенціал [36].

Батат (солодка картопля) також є перспективним джерелом крохмалю, особливо в контексті біоенергетики та виробництва біопластиків. У бульбах батату крохмалю менше, ніж у звичайної картоплі (приблизно 15–20%), однак він містить унікальні компоненти, такі як антоціани, що можуть бути корисними при створенні функціональних харчових інгредієнтів. Крохмаль із батату відрізняється м'якою текстурою, підвищеною розчинністю та хорошими емульгуючими властивостями, тому його дедалі частіше використовують у дієтичному та дитячому харчуванні, а також у фармацевтичних капсулах та плівках. Хоча в Україні батат лише починає освоюватися як культура, світовий досвід (зокрема Китаю, США та країн Африки) свідчить про його високу адаптивність і рентабельність [55].

Генномодифікований крохмаль — це продукт, отриманий зі сільськогосподарських культур, у геном яких цілеспрямовано внесено зміни для оптимізації біосинтезу крохмалю. Такі зміни стосуються як кількісного складу (збільшення загального вмісту крохмалю), так і якісних характеристик (зміна співвідношення амілози й амілопектину, структури гранул, температури клейстеризації, функціональних властивостей тощо). Основна мета використання генної інженерії — створення сировини, яка б забезпечувала більш економічне, ефективне та екологічно безпечне виробництво крохмалю, з урахуванням потреб різних галузей — від харчової до фармацевтичної, паперової, текстильної та упаковувальної.

Одним із найвідоміших прикладів є картопля сорту Amflora, розроблена компанією BASF. Генетичне втручання забезпечило пригнічення експресії гена, відповідального за синтез амілози, у результаті чого в бульбах переважає амілопектин (до 98%). Крохмаль такого типу має високу в'язкість, стійкість до заморожування та повторного нагрівання, і є ідеальним для технічного використання — зокрема, у виробництві паперу, текстилю та клеїв. Це

дозволяє уникати хімічної модифікації крохмалю, зменшуючи токсичні викиди та витрати на виробництво [31].

Ще один приклад — кукурудза з підвищеним вмістом амілози, що дає можливість отримувати крохмаль із модифікованими властивостями гелеутворення. Високоамілозний крохмаль (до 70% амілози) застосовується у виготовленні біорозкладних упаковок, дієтичних продуктів, функціональних харчових інгредієнтів та фармацевтичних форм із контрольованим вивільненням діючих речовин. Такі властивості важко досягти традиційними методами селекції, тому генна інженерія відіграє ключову роль у розвитку подібних продуктів.

В азійських країнах активно досліджується генетично модифікований рис зі зниженим глікемічним індексом — внаслідок зростання частки амілози, що повільніше перетравлюється, що перспективно для споживачів з метаболічними порушеннями (цукровий діабет, ожиріння). Також розглядається створення трансгенних сортів, які б давали крохмаль з особливою структурою, придатною для медичних застосувань — гідрогелів, плівок, капсул [47].

Процеси генної модифікації відбуваються за допомогою різних технологій: класичних методів трансформації (*Agrobacterium tumefaciens*, біолістика) та сучасних методів редагування геному, таких як CRISPR/Cas9, які дозволяють точково змінювати окремі гени без введення сторонньої ДНК. Застосування таких підходів дозволяє уникати деяких соціальних і нормативних бар'єрів щодо використання ГМ-продукції.

Попри технологічні й економічні переваги, генномодифікований крохмаль викликає низку етичних, правових і соціальних питань. У країнах Європейського Союзу його використання строго регламентується, а в деяких державах — заборонене або обмежене. Водночас у США, Канаді, Китаї, Бразилії та Аргентині ГМ-культури активно використовуються, а крохмаль із них широко представлений у промисловості [49].

Таким чином, генномодифікований крохмаль є одним із прикладів високотехнологічної відповіді на запити ринку щодо функціональних, ефективних та стійких матеріалів. Його застосування відкриває нові можливості для біотехнологій, але потребує ретельного регулювання, прозорості та науково обґрунтованої оцінки ризиків для здоров'я людини й довкілля.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єктів дослідження

Об'єктами дослідження кваліфікаційної роботи є чотири зразки картопляного крохмалю вітчизняного виробництва, що були придбані в роздрібній торгівельній мережі м. Полтава. Коротка характеристика обраних зразків крохмалю наведена нижче (Додаток Б):

Зразок №1 – картопляний крохмаль ТМ «Сто пудів». Сорт «Екстра». Маса нетто: 450 г мінус 3%. Країна походження Україна. Виробник: ТОВ «ПРОДЕНЕРГО». Фактична адреса потужностей (об'єкта) виробництва: вул. Гвардійців-Широнінців, 45, м.Харків, 61127, Україна; тел.: (057) 728-43-27; електронна пошта: stopudov.ua@gmail.com; офіційний вебсайт: stopudiv.ua. Склад: 100% картопляний крохмаль. Поживна цінність на 100 г продукту: вуглеводи – 85 г, з них цукри – 0,9 г; сіль – 0,006 г. Енергетична цінність/калорійність на 100 г продукту – 1423,51 кДж/340 ккал. Позначка чинного стандарту «ДСТУ 4286», «ISO 22000:2005», «Краще спожити до». Умови зберігання: зберігати в добре вентильованих складах, без стороннього запаху, не заражених шкідниками зерна, за температури не вище 40°C та відносній вологості повітря не вище 70%. Термін зберігання: 24 місяців. Призначення: використовується як загущувач у кулінарії — для соусів, підлив, киселів, а також при випіканні кондитерських і хлібобулочних виробів. Особливості: підходить для вегетаріанського харчування

Зразок №2 – картопляний крохмаль, виробництва СТОВ«Агрокомплекс-98» вищого гатунку. Вироблено на замовлення – СТОВ «Агрокомплекс-98», що розташоване за адресою: вул. Центральна, 1, с.Веприн, Житомирський район, Житомирська область, 12212, Україна; телефони: (04133) 53643, (04132) 42208, а також факс: (04132) 42208. Фактичний виробник: ТОВ «Крохмалепродукти України», адреса

потужностей виробництва: вулиця Шкільна, 15, Михайлівка-Рубежівка, Київська область, 08110, Україна; тел.: (04132)7-02-31. Склад: картопляний крохмаль вищого сорту. Маса нетто за відносної вологості 75% - 500 г. Допустимі мінусові відхилення від маси нетто: 3%. Калорійність (енергетична цінність) 100 г продукту: 340 ккал / 1423 кДж. Поживна (харчова цінність 100 г продукту: білки – 0 г, вуглеводи – 83 Г, жири – 0 г. Дату виготовлення вказано на упаковці. Номер партії відповідає даті виробництва. Строк придатності та умови зберігання: 2 роки за температури не вище ніж 40°C та відносної вологості повітря 75%. Позначки «Без ГМО», «ДСТУ 4286». Продукт використовується як загусник у кулінарії — для соусів, підлив, киселів, а також при випіканні кондитерських і хлібобулочних виробів. Особливо підходить для вегетаріанського харчування.

Зразок № 3 – картопляний крохмаль ТМ «Алексіс» вищого сорту. Маса нетто: 500 г. Виробник – ТОВ «Черкаська регіональна продовольча компанія», адреса потужностей (об'єкта) виробництва: вул. Автомобілістів, буд. 6, м. Черкаси, 18008, Україна; тел.: +380 (472) 63-05-42. Пакувальник: ФОП Дмитренко О.О., що знаходиться за адресою: вул. Свіштовська, 3, м. Кременчук, Полтавська область, 39610, Україна; тел.: (0536) 70-49-06; факс: (05366) 4-78-64. Склад: 100% картопляний крохмаль без додавання штучних барвників та консервантів, що гарантує натуральність та безпеку продукту. Поживна (харчова) цінність на 100 г продукту: білки – 0 г, жири – 0 г, вуглеводи – близько 80–85 г, цукри – 0 г. Енергетична цінність на 100 г продукту: приблизно 330–350 ккал (1380–1460 кДж). Позначки «Без ГМО», «ДСТУ 4286». Умови зберігання: зберігати у сухому, прохолодному місці при температурі від +5 °С до +25 °С; захищати від попадання вологи, прямих сонячних променів та сторонніх запахів; уникати зберігання поруч із продуктами з сильним ароматом, оскільки крохмаль може поглинати запахи. Термін придатності: 12 місяців від дати виготовлення за умови дотримання рекомендованих умов зберігання. Крохмаль картопляний ТМ «Алексіс» — це високоякісний харчовий продукт, виготовлений із натуральної картоплі, що

відповідає вимогам Державного класифікатора продукції України (ДК 021:2015) за кодом 15620000-0 — «Крохмалі та крохмалепродукти». Призначення: призначений для використання в харчовій промисловості, зокрема в приготуванні супів, соусів, підливок, а також у кондитерських виробках, де виконує функцію загущувача та стабілізатора. Застосування: завдяки своїм властивостям, крохмаль ТМ «Алексіс» ефективно використовується для покращення текстури та консистенції харчових продуктів, забезпечуючи їм необхідну густину та прозорість.

Зразок № 4 – картопляний крохмаль ТМ «Розумний вибір» вищого сорту. Маса нетто: 500 г. Виробник: приватне багатопрофільне підприємство «Вимал», фактична адреса потужностей виробництва: вул. Польова, 5-А, село Виблі, Куликівський район, Чернігівська область, 16310, Україна; тел.: +38(067)967-08-62, +38(097)397-68-07; електронна пошта: vimal.agro.ua@gmail.com; офіційний вебсайт: <https://vimal.ua/>. Склад: 100% картопляний крохмаль без додавання штучних барвників, консервантів чи інших добавок. Позначка чинного стандарту «ДСТУ 4286». Поживна (харчова) цінність на 100 г продукту: білків – 0 г, жирів – 0 г, вуглеводів – 83 г, цукрів – 0 г. Енергетична цінність на 100 г продукту: приблизно 340 ккал (1420 кДж). Умови зберігання: зберігати у сухому, прохолодному місці при температурі до +40 °С і відносній вологості повітря не більше 75 %. Термін придатності: 24 місяці, за умови дотримання рекомендованих умов зберігання. Призначення: призначений для використання в харчовій промисловості, зокрема в приготуванні супів, соусів, підливок, а також у кондитерських виробках, де він виконує функцію загущувача та стабілізатора. Застосування: завдяки своїм властивостям, крохмаль ТМ «Розумний вибір» ефективно використовується для покращення текстури та консистенції харчових продуктів, забезпечуючи їм необхідну густину та прозорість.

2.2 Характеристика методів дослідження

Крохмаль як харчова сировина є одним із найпоширеніших і функціонально значущих полісахаридів, який широко застосовується у харчовій, фармацевтичній, текстильній, паперовій, хімічній промисловості, а також у біотехнологічному секторі. Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям, зокрема здатності до набухання, драглювання, утворення в'язких гелів, він виконує в продуктах роль згущувача, стабілізатора, наповнювача та структуроутворювача. Однак ефективність застосування крохмалю безпосередньо залежить від його якісних характеристик, які, своєю чергою, визначаються походженням сировини, технологічними параметрами виробництва та умовами зберігання [14].

У зв'язку з цим комплексна оцінка якості крохмалю виступає необхідною умовою забезпечення стабільного рівня безпечності, функціональності та споживчої цінності готової продукції. Така оцінка дозволяє всебічно охарактеризувати продукт за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними та споживчими показниками, а також встановити відповідність чинним нормативним вимогам (зокрема ДСТУ 4286) і заявленим характеристикам виробника [10].

Доцільність проведення комплексної оцінки полягає не лише у виявленні потенційно небажаних відхилень від нормативів, але й у можливості оптимального добору продукту для різних технологічних цілей. У контексті сучасних тенденцій щодо підвищення якості та безпечності харчових продуктів, ця процедура набуває особливої актуальності. Крім того, комплексне оцінювання дозволяє провести порівняльний аналіз зразків від різних виробників, що є підґрунтям для обґрунтованого вибору крохмалю споживачем або підприємством-переробником.

Таким чином, комплексна оцінка якості крохмалю є не лише інструментом контролю, а й важливим аналітичним засобом, що сприяє підвищенню ефективності виробництва, зниженню ризиків, забезпеченню

стабільності властивостей кінцевої продукції та задоволенню споживчих очікувань.

Обрані для дослідження зразки картопляного крохмалю були досліджені із визначенням органолептичних і фізико-хімічних показників якості відповідно до вимог чинного стандарту ДСТУ 4286:2004 «Крохмаль картопляний. Технічні умови». Балова оцінка якості була проведена для отримання комплексного показника якості крохмалю.

ДСТУ 4286:2004 поширюється на картопляний крохмаль — харчовий продукт, одержаний під час переробляння картоплі. Картопляний крохмаль застосовують у різних галузях харчової промисловості (кондитерській, хлібопекарській, харчоконцентратній, м'ясо-молочній, зокрема для виробництва продуктів дитячого харчування); хіміко-фармацевтичній промисловості; для технічних цілей (у паперовій, текстильній та інших галузях промисловості, виробництві декстринів) та для реалізування в роздрібній торгівельній мережі [10].

Картопляний крохмаль повинен відповідати вимогам цього стандарту і його виробляють за технологічною інструкцією, затвердженою у встановленому порядку, з дотриманням санітарних норм і правил, затверджених у встановленому порядку Міністерством охорони здоров'я України.

Органолептичні показники крохмалю визначають у такій послідовності: спочатку – зовнішній вигляд, потім – колір і запах.

Для визначення зовнішнього вигляду та кольору частину середньої проби крохмалю поміщають на пластинку з безбарвного скла розміром 13×18 см. Поверхню крохмалю накривають другою пластинкою з такого ж скла розміром 10×15 см. Притискаючи пальцем верхню пластинку до нижньої, досягають утворення гладкої поверхні проби крохмалю та визначають зовнішній вигляд і колір при розсіяному денному світлі.

Для визначення запаху у фарфорову чашку або склянку зважують навіску крохмалю масою близько 20 г, заливають теплою водою температурою

близько 50 °С, перемішують і залишають у спокої. Через 0,5 хв воду зливають і визначають запах сирого осаду.

З фізико-хімічних показників якості крохмалю визначали: масову частку води; масову частку загальної золи; кислотність; кількість вкраплень; наявність металомангнітних домішок [44].

Визначення вмісту води методом прискореного висушування. Суть методу полягає у висушуванні навіски крохмалю при температурі (130 ± 2) °С протягом визначеного часу. У попередньо висушену до сталої маси та зважену бюксу зважують навіску крохмалю масою приблизно 4 г. Після досягнення в сушильній шафі температури 130 °С відкрити бюксу з навіскою та кришкою поміщають у шафу й висушують протягом 40 хв.

Початком висушування вважають момент повторного досягнення температури 130 °С після внесення бюкси в шафу. Після закінчення 40 хв бюксу накривають кришкою, виймають із шафи, поміщають в ексикатор на 30 хв для охолодження, після чого зважують.

Масову частку води W , %, обчислюють за формулою:

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_1 - m}$$

де: m — маса бюкси, г;

m_1 — маса бюкси з крохмалем до висушування, г;

m_2 — маса бюкси з крохмалем після висушування, г.

За остаточний результат аналізу приймають середньоарифметичне значення результатів двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,5 %. Обчислення проводять з точністю до цілого числа [12].

Визначення загальної золи в картопляному крохмалі. Суть методу полягає у визначенні незгорілого залишку крохмалю після його спалювання в муфельній печі при температурі 600–650 °С.

У попередньо прокалений до сталої маси та зважений тигель зважують навіску крохмалю масою близько 10 г і піддають обвуглюванню шляхом

нагрівання тигля з крохмалем на електроплитці. Щоб уникнути спінювання, на поверхню навіски наносять п'ять-сім крапель рослинної олії. Після обвуглювання тигель поміщають у муфельну піч, нагріту до 600–650 °С (темно-вишневе розжарювання), де прокалюють до повного золоутворення навіски крохмалю. Після золоутворення тигель з золою охолоджують в ексикаторі та зважують. Після зважування тигель з золою повторно прокалюють протягом 30 хв, охолоджують в ексикаторі та знову зважують. Прокалювання повторюють до тих пір, поки результат останнього зважування не почне змінюватися в бік збільшення. Для обчислення приймається останній ще зменшувальний результат зважування.

Масову частку загальної золи X (%), у перерахунку на суху речовину обчислюють за формулою:

$$W = \frac{(m_1 - m) \times 100 \times 100}{(m_2 - m) \times (100 - W)},$$

де, m — маса тигля, г;

m_1 — маса тигля з золою, г;

m_2 — маса тигля з крохмалем, г;

W — масова частка води в крохмалі, %;

$(100 - W)$ — масова частка сухих речовин у крохмалі, %;

100 — коефіцієнт для перерахунку у відсотки масової частки золи в крохмалі;

100 — коефіцієнт для перерахунку у відсотки масової частки золи на сухі речовини крохмалю.

За остаточний результат аналізу приймається середньоарифметичне значення результатів двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,05 %. Обчислення проводять з точністю до другого десяткового знака [44].

Визначення кислотності у картопляному крохмалі. Суть методу полягає в нейтралізації кислот і кислих солей, що містяться в 100 г сухої речовини крохмалю, розчином гідроксиду натрію молярної концентрації 0,1 моль/дм³

(0,1 н.) за присутності індикатора фенолфталеїну. У конічну колбу зважують навіску крохмалю масою 20 г, доливають 100 см³ дистильованої води, додають п'ять-вісім крапель розчину фенолфталеїну та титрують розчином гідроксиду натрію до появи стійкого рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.

Оскільки крохмаль адсорбує фенолфталеїн, перед завершенням титрування додають ще п'ять-шість крапель індикатора.

Кислотність X_3 (см³) розчину гідроксиду натрію молярної концентрації 0,1 моль/дм³ (0,1 н.), у перерахунку на 100 г сухої речовини крохмалю, обчислюють за формулою:

$$W = \frac{V \times 100 \times 100}{m_0 \times (100 - W)},$$

де: V — об'єм розчину гідроксиду натрію молярної концентрації 0,1 моль/дм³ (0,1 н.), витрачений на титрування, см³;

m_0 — маса навіски крохмалю, г;

W — масова частка води в крохмалі, %.

За остаточний результат аналізу приймають середньоарифметичне значення результатів двох паралельних визначень, допустиме розходження між якими не повинно перевищувати 1 см³. Обчислення проводять з точністю до першого десяткового знака [44].

Визначення кількості крапин в крохмалі. Суть методу полягає у підрахунку кількості крапин на 1 дм² поверхні крохмалю.

Невелику кількість крохмалю, взяту шпателем, насипають на аркуш білого паперу або на скло. На поверхню крохмалю накладають скляну пластинку з нанесеними контурами прямокутника та клітинками.

Крохмаль злегка притискають склом і підраховують крапини на всій окресленій площі. Крохмаль перемішують і повторюють підрахунок. Підрахунок здійснюють щонайменше п'ять разів.

Кількість крапин X , шт. на 1 дм² поверхні крохмалю, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{n \times 100}{5 \times 10},$$

де: n — загальна кількість крапин за п'ять підрахунків, шт.;

10 — площа окресленого прямокутника, см^2 [44].

Визначення наявності металоманітних домішок у крохмалі. Для якісного визначення наявності металоманітних домішок у крохмалі застосовують сильний магніт. Процедура полягає у наступному: зразок крохмалю розсипають тонким шаром на чистій поверхні або у прозорій ємності. Магніт повільно наближують до поверхні зразка, при цьому металеві частинки, що мають магнітні властивості (зокрема залізо та його сплави), притягуються до магніту і відокремлюються від основної маси крохмалю [10].

Балова оцінка якості картопляного крохмалю є важливим інструментом для стандартизації та контролю споживчих властивостей продукту. Вона дозволяє комплексно оцінити органолептичні характеристики та якість упаковки, що є критично важливим для забезпечення відповідності продукції вимогам нормативних документів і очікуванням споживачів. Використання бальної системи сприяє об'єктивному порівнянню різних партій продукції, дозволяє виявляти відхилення від стандартів та приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо подальшого використання або доопрацювання крохмалю.

Процедура проведення балової оцінки передбачає послідовне вивчення основних показників якості картопляного крохмалю, таких як зовнішній вигляд, колір, запах, а також стан упаковки і якість маркування. Кожен показник оцінюється за шкалою від 1 до 5 балів відповідно до розроблених критеріїв, які відображають ступінь відповідності вимогам стандарту (Додаток В). Оцінювання здійснюється у стандартизованих умовах, що забезпечують об'єктивність і відтворюваність результатів. Для зниження впливу випадкових факторів рекомендується проводити кілька повторних оцінок і використовувати середні значення балів.

Після завершення оцінювання за окремими параметрами результати підсумовують, отримуючи інтегральну бальну характеристику якості крохмалю. Інтерпретація отриманої оцінки базується на встановлених

порогах, які визначають рівень відповідності продукту нормативним вимогам. Високі значення балів (4–5) свідчать про високу якість продукції, що відповідає або перевищує вимоги стандарту. Оцінки середнього рівня (3) відображають задовільну якість із допустимими незначними відхиленнями. Низькі бали (1–2) вказують на наявність суттєвих недоліків, що обмежують можливість використання крохмалю без додаткової обробки або взагалі роблять продукт непридатним.

Загальна якість крохмалю визначається сумою балів за всіма показниками (максимум 20 балів).

Рівень якості продукту можна оцінити так:

- 18–20 балів — відмінна якість;
- 15–17 балів — добра якість;
- 12–14 балів – задовільна якість;
- менше 12 балів — низька незадовільна якість, у реалізацію такий крохмаль не допускається.

Застосування балової шкали у виробничому контролі якості забезпечує систематизацію і стандартизацію оцінки, що є основою для прийняття ефективних рішень щодо випуску продукції та забезпечення стабільності її властивостей. Таким чином, бальна оцінка виступає не лише інструментом контролю, а й важливим елементом управління якістю на всіх етапах виробничого циклу [12].

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ

3.1. Дослідження асортименту крохмалю, що реалізується в роздрібній торгівельній мережі м. Полтава

Асортимент — це сукупність різновидів товарів, які пропонуються на ринку або в межах окремого підприємства. Він охоплює різні варіації продукції за такими ознаками, як сировина, виробник, призначення, упаковка тощо. Значення асортименту полягає в забезпеченні споживачів вибором продукції, що відповідає їхнім потребам та вподобанням, а також у сприянні конкурентоспроможності підприємства.

Асортимент поділяється на кілька видів: широкий асортимент — включає велику кількість різних груп товарів; глибокий асортимент — характеризується наявністю великої кількості варіантів у межах однієї товарної групи; комплексний асортимент — поєднує широкий і глибокий асортимент, забезпечуючи як різноманіття товарних груп, так і варіації в межах кожної з них [59].

Аналіз асортименту крохмалю, що реалізується в роздрібній торгівельній мережі м.Полтава, дозволяє виявити основні тенденції ринку та переваги споживачів. Нами було досліджено асортимент крохмалю, що реалізується в роздрібній торгівельній мережі міста Полтави та на основі відкритих джерел, таких як маркетплейси Rozetka, Епіцентр, Auchan, Bigl.ua, Agro-Market тощо за різними критеріями.

Аналіз асортименту крохмалю за сировиною демонструє, що домінуючі позиції на ринку займають кукурудзяний та картопляний крохмаль (рис. 3.1). Кукурудзяний крохмаль становить 42% загального асортименту, що свідчить про його значну популярність і широке застосування. Це пов'язано з його доступністю, технологічними властивостями та конкурентною ціною, що

робить його універсальним інгредієнтом для харчової, фармацевтичної та інших галузей промисловості

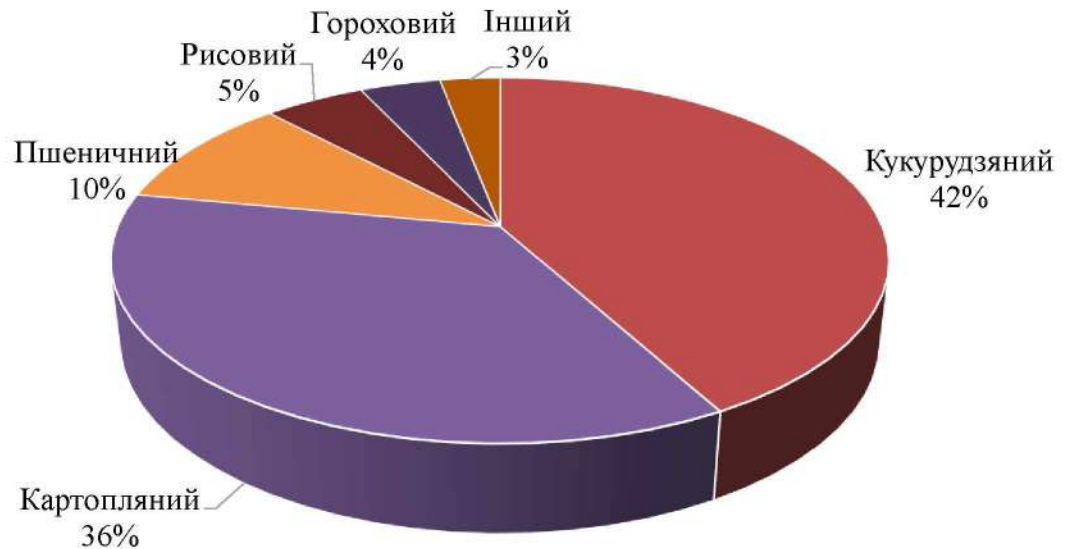


Рисунок 3.1 – Асортимент крохмалю за видом сировини [9].

Другим за обсягом є картопляний крохмаль із часткою 36%. Його популярність обумовлена унікальними властивостями, такими як висока чистота, специфічна текстура і колір, що забезпечує йому попит не лише у харчовій промисловості, а й у виробництві ліків та косметики. Висока частка цього виду крохмалю свідчить про важливість картопляної сировини у загальному ринку.

Пшеничний крохмаль займає 10% асортименту, що свідчить про помірну популярність. Його застосування здебільшого сфокусоване на виробництві харчових продуктів, де потрібні специфічні властивості, зокрема для покращення структури виробів із тіста.

Менш значущі, але все ж помітні позиції займають рисовий (5%) та гороховий (4%) крохмалі, дані види сировини мають нішеве застосування, зокрема в продуктах для людей із харчовими алергіями або специфічними дієтичними потребами, завдяки своїй гіпоалергенності та особливим текстурним характеристикам.

Сегмент «Інші види крохмалю» (3%) включає різні менш поширені види крохмалю, такі як модифіковані або спеціалізовані різновиди. Вони використовуються переважно у вузькоспеціалізованих технологіях або для удосконалення властивостей кінцевої продукції.

Отже, структура асортименту крохмалю характеризується чіткою концентрацією на двох основних видах — кукурудзяному та картопляному, ця концентрація обумовлена їх високою технологічною цінністю, доступністю сировини та широким спектром застосувань. Менш представлені види крохмалю розширюють асортимент і задовольняють специфічні потреби ринку, зокрема у сегментах дієтичних, функціональних і спеціалізованих продуктів. Така структура асортименту забезпечує гнучкість і різноманіття у виборі сировини для виробників різних галузей.

Найбільшу частку в асортименті крохмалю займає Україна – 35%, що свідчить про високу присутність вітчизняних виробників на ринку, що може бути зумовлено кількома факторами: географічною близькістю, нижчими логістичними витратами, конкурентною ціною та довірою споживачів до місцевої продукції (рис. 3.2). Крім того, українські бренди часто представлені в бюджетному або середньому ціновому сегменті, що робить їх доступними для широкого кола покупців.

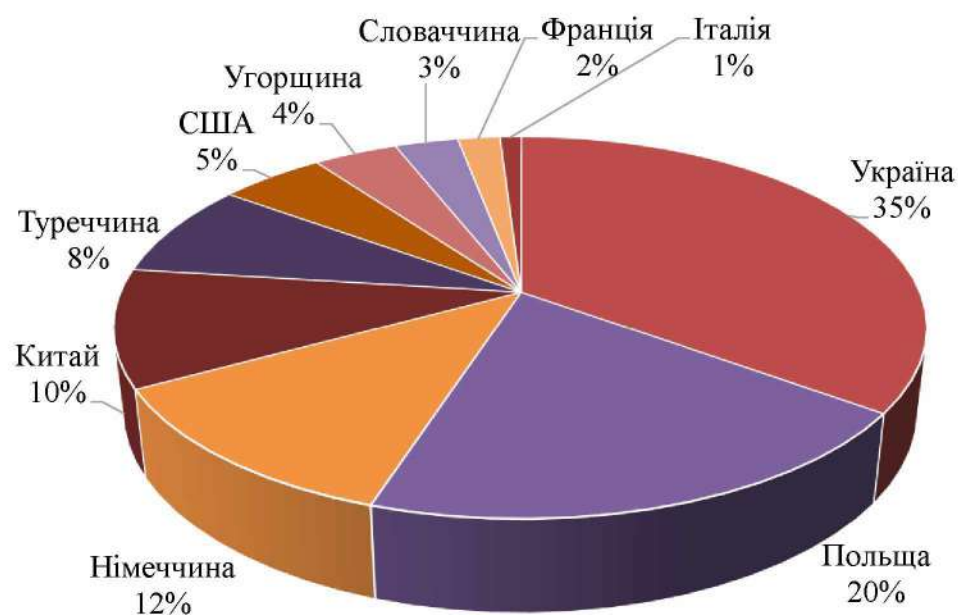


Рисунок 3.2 – Асортимент крохмалю за країною-виробником [52].

Польські виробники активно експортують до України продукцію масового вжитку, зокрема кулінарний крохмаль. Їх перевага полягає у хорошому співвідношенні ціна/якість та активній дистрибуції. Німецький крохмаль зазвичай сприймається як більш якісний, часто представлений у преміальному або органічному сегменті (наприклад, бренд Dr. Oetker), що пояснює дещо меншу, але стабільну частку.

Китай (10%) та Туреччина (8%) мають суттєву присутність в асортименті. Крохмаль з цих країн часто використовується у промисловості або пропонується як доступна альтернатива харчовому крохмалю європейського виробництва. Цей сегмент зазвичай орієнтований на оптові закупівлі або продукцію великих обсягів за нижчою ціною. Варто зазначити, що імідж китайських харчових продуктів в Україні залишається суперечливим, що частково стримує їх подальше зростання.

США (5%), Франція (2%) та Італія (1%) представлені переважно через спеціалізовані або органічні продукти, які мають вищу ціну та орієнтовані на вузьку аудиторію — наприклад, споживачів безглютенкових продуктів або тих, хто обирає преміальний сегмент. Їх обмежена присутність пояснюється високими логістичними витратами та меншою зацікавленістю масового покупця у дорожчому сегменті.

Загалом, ринок крохмалю в Україні є структурно збалансованим, з виразним домінуванням українських та європейських виробників, присутністю економ-сегменту з Азії та нішевих брендів із США й Західної Європи, що свідчить про високу диверсифікацію джерел постачання, що є позитивним фактором для продовольчої безпеки та цінової стабільності.

Асортимент крохмалю в роздрібній торгівельній мережі формується навколо трьох основних груп брендів:

- національні бренди (наприклад, «Розумний Вибір», «Алексіс», «Сто пудів») — домінують за кількістю, охоплюють бюджетний та середній сегменти;

- європейські бренди (Dr. Oetker, Cenos, Maizena) — зосереджені у середньому та преміальному сегменті, мають сталі позиції завдяки довірі до якості;
- імпорт із Азії та США (Qingdao, Argo) — займає нішеві або технічні позиції, але зростає в умовах глобалізації та попиту на спеціалізовану продукцію.

Проаналізувавши асортимент крохмалю за призначенням, можна стверджувати, що найбільш поширеним на ринку є харчовий крохмаль для побутового використання. Він широко представлений у роздрібних торговельних мережах і використовується для приготування домашніх страв: соусів, випічки, киселів, кремів тощо. Основними видами є картопляний і кукурудзяний крохмаль. Перший більше використовується в традиційній східноєвропейській кухні, другий — популярний у західній кулінарії, а також серед прихильників безглютенового харчування. Цей вид крохмалю продається в невеликих упаковках (100–500 г) та має доступну ціну.

Окрему групу становить крохмаль для професійного використання, який закупається закладами громадського харчування (кафе, ресторанами, їдальнями), а також харчовими підприємствами. Такий крохмаль фасується у великих об'ємах — від 1 кг до 25 кг — і використовується як технологічний інгредієнт: загусник, стабілізатор або наповнювач. Важливими характеристиками в цьому сегменті є ступінь очищення, стійкість до температурних впливів, кислот і механічного оброблення.

Ще один важливий сегмент — модифікований крохмаль, який проходить спеціальну обробку з метою зміни функціональних властивостей. Він має ширше застосування, зокрема в молочній, м'ясній та кондитерській промисловості. Його перевага — стійкість до впливу температур, заморожування та кислотного середовища. У побутовому використанні практично не зустрічається, натомість широко застосовується в складі промислових продуктів. Часто маркується на етикетках як добавки E1401–E1452.

Зростаючою категорією є безглютеновий та органічний крохмаль, призначений для споживачів із харчовими обмеженнями або прихильників здорового способу життя. Найчастіше це кукурудзяний, рисовий або тапіоковий крохмаль, які не містять глютену і можуть входити до складу безглютенової чи веганської дієти. Такі продукти мають відповідну сертифікацію та продаються переважно в спеціалізованих магазинах або еко-відділах супермаркетів.

Також варто виокремити технічний крохмаль, який не призначений для харчових цілей. Він використовується в текстильній, паперовій, фармацевтичній та хімічній промисловості. Наприклад, у виготовленні клеїв, косметики, біопластику або як допоміжна речовина у виробництві таблеток. Такий крохмаль не представлений у роздрібній торгівлі, постачається великими партіями підприємствам, переважно з Китаю, Туреччини та країн ЄС.

Окремою підкатегорією є крохмаль для дитячого харчування, що використовується у виробництві каш, пюре та інших страв для немовлят. Він вирізняється високим ступенем очищення, відсутністю добавок і максимальною безпечністю. Часто входить до складу готових продуктів, але також може продаватися у фасованому вигляді з позначкою вікових обмежень («від 6 місяців» тощо).

Таким чином, асортимент крохмалю за призначенням охоплює як побутове та кулінарне використання, так і промислові та спеціалізовані сфери. Ринок демонструє тенденцію до розширення — зростає попит на модифіковані, органічні й безглютенові види, що вказує на поступову диверсифікацію споживчих потреб та ускладнення вимог до якості.

3.2. Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості крохмалю

Комплексна оцінка якості крохмалю є важливою частиною сучасних досліджень у галузі харчової біотехнології, товарознавства та безпечності продуктів. Вона дозволяє всебічно проаналізувати властивості крохмалю за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними та технологічними показниками, що, своєю чергою, є підґрунтям для об'єктивного визначення його придатності до використання у різних сферах харчового виробництва [12].

Результати такої оцінки свідчать не лише про відповідність продукту чинним стандартам, а й виявляють відмінності між зразками за походженням сировини, дотриманням технологічних режимів, якістю виробничого процесу та санітарно-гігієнічним станом на підприємствах. Вони також дають змогу ідентифікувати потенційні переваги та недоліки конкретних виробників, що має практичну цінність як для споживача, так і для переробних підприємств, які шукають сировину з оптимальними характеристиками.

Результати комплексної оцінки якості крохмалю є джерелом важливої інформації для прийняття технологічних рішень, вдосконалення систем контролю якості та формування асортиментної політики на ринку крохмалевмісних продуктів.

Результати органолептичних досліджень представлено у вигляді таблиці 3.1.

Всі досліджувані зразки картопляного крохмалю — ТМ «Сто пудів», СТОВ «Агрокомплекс-98», ТМ «Алексіс» та ТМ «Розумний вибір» — повністю відповідають вимогам чинного стандарту ДСТУ 4286:2004 за органолептичними показниками, що свідчить про високий рівень дотримання технологічних умов та якості кінцевого продукту [10].

Зокрема, зразок крохмалю ТМ «Сто пудів» (ТОВ «ПРОДЕНЕРГО», м.Харків) характеризується як однорідний порошок без грудочок, сторонніх

домішок або включень, має типовий білий колір з характерним блиском і властивий крохмалю запах, без ознак псування або наявності хімічних ароматів, що вказує на дотримання умов зберігання та належну якість сировини.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження органолептичних показників якості зразків картопляного крохмалю

Назва показників	Характеристика картопляного крохмалю				
	відповідно до стандарту ДСТУ 4286:2004	ТМ «Сто пудів»	СТОВ «Агрокомплекс-98»	ТМ «Алексіс»	ТМ «Розумний вибір»
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок	Однорідний порошок, без грудочок, сторонніх домішок або включень	Сипкий, однорідний порошок, без грудочок і сторонніх домішок	Дрібнодисперсний порошок, без грудочок, сторонніх включень і домішок	Однорідний дрібнодисперсний порошок, без грудок, сторонніх часток або механічних домішок
Колір	Білий з блиском	Білий з характерним блиском	Білий з легким природним блиском	Білий, рівномірний, без жовтизни чи сірого відтінку, із природним блиском	Білий, чистий, без жовтуватих або сіркуватих краплень
Запах	Властивий крохмалю, без стороннього запаху	Властивий крохмалю, без сторонніх домішок, відсутність затхлого чи хімічного запаху	Властивий картопляному крохмалю, без сторонніх домішок чи ознак плісняви	Властивий картопляному крохмалю, без сторонніх запахів	Властивий, нейтральний, без сторонніх запахів, типовий для натурального крохмалю

Крохмаль виробництва СТОВ «Агрокомплекс-98» також відповідає нормативним вимогам чинного стандарту, оскільки він сипкий, однорідний, білого кольору з легким природним блиском. Відсутність плісняви або сторонніх запахів підтверджує чистоту виробництва та зберігання продукту.

Зразок картопляного крохмалю ТМ «Алексіс» (м.Хмельницький) вирізняється дрібнодисперсною структурою порошку, що є позитивною характеристикою з технологічного погляду. Колір білий, рівномірний, без

сторонніх відтінків, а запах властивий крохмалю — без будь-яких небажаних запахів, що свідчить про високий рівень очищення та фільтрації крохмалю в процесі виробництва.

Крохмаль ТМ «Розумний вибір» (ПБП «Вимал», Чернігівська обл.) також демонструє високі органолептичні показники якості. Крохмаль має дрібнодисперсну структуру, чистий білий колір без домішок та властивий натуральному крохмалю нейтральний запах, що підтверджує дотримання належного виробничого контролю й відсутність сторонніх включень або дефектів.

Таким чином, всі чотири зразки картопляного крохмалю вітчизняного виробництва відповідають стандарту за зовнішнім виглядом, кольором і запахом, що є важливим критерієм для підтвердження їхньої якості та безпечності для подальшого використання у харчовій або промисловій галузі.

Результати фізико-хімічних досліджень представлено у вигляді таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження фізико-хімічних показників якості зразків картопляного крохмалю

Назва показників	Характеристика картопляного крохмалю				
	відповідно до стандарту ДСТУ 4286:2004	ТМ «Сто пудів»	СТОВ «Агрокомплекс-98»	ТМ «Алексіс»	ТМ «Розумний вибір»
Масова частка води, %	17 - 20	18,2	19,1	18,4	17,8
Масова частка загальної золи (в перерахунку на суху речовину), не більше ніж	0,30	0,21	0,2	0,24	0,16
Зокрема: золи (піску, нерозчинної в розчині соляної кислоти масової частки 10 %)	0,03	0,001	0,0017	0,02	0,012
Кислотність — витрата розчину гідроксиду натрію молярною концентрацією — $C(\text{NaOH}) = 0,1$	7,5	7,0	6,8	6,6	7,2

Продовження таблиці 3.2

моль/дм ³ на нейтралізацію 100 г сухої речовини, см ³ , не більше ніж					
Кількість краплень на 1 дм ² рівної поверхні картопляного крохмалю під час розглядання неозброєним оком, шт., не більше ніж	60,0	57	56	47	52
Наявність металоманітних домішок	Не дозволено	Не виявлено			

На підставі порівняльного аналізу фізико-хімічних показників картопляного крохмалю різних виробників можна зробити такі висновки:

Масова частка вологи у всіх досліджуваних зразках знаходиться в межах, визначених стандартом (17–20 %). Найвищий вміст вологи зафіксовано у зразку СТОВ «Агрокомплекс-98» (19,1 %), найнижчий — у зразку ТМ «Розумний вибір» (17,8 %), що свідчить про відповідність умовам зберігання і початковій якості сировини.

Масова частка загальної золи у всіх зразках також не перевищує нормативне значення ($\leq 0,30$ %). Найменший вміст золи визначено у зразку ТМ «Розумний вибір» (0,16 %), що вказує на високу ступінь очищення продукту. Найвищий показник — у зразку ТМ «Алексіс» (0,24 %), проте він все одно відповідає стандарту.

Особливу увагу заслуговує показник вмісту нерозчинної в соляній кислоті золи (піску) — він є індикатором ступеня механічного очищення продукту. Усі зразки продемонстрували дуже низький вміст таких домішок. Найчистішим у цьому відношенні є зразок СТОВ «Агрокомплекс-98» (0,001 %), найвищий показник — у ТМ «Алексіс» (0,02 %), що все одно значно нижче допустимого рівня (0,03 %).

Кислотність усіх зразків крохмалю відповідає вимогам ДСТУ (не більше 7,5 см³). Найменша кислотність спостерігається у ТМ «Алексіс» (6,6 см³), що є позитивним показником стабільності крохмалю та низької кількості залишкових органічних кислот. Найвищий показник — у ТМ «Розумний

вибір» (7,2 см³), що також відповідає вимогам, проте свідчить про дещо вищу активність середовища.

Кількість вкраплень, видимих неозброєним оком, не перевищує встановленого стандартом значення (60 шт. на 1 дм²) в жодному з досліджених зразків. Найкращий результат показав зразок ТМ «Алексіс» (47 шт.), що може свідчити про ефективні методи очищення продукту в процесі виробництва.

Щодо наявності металоманітних домішок, жоден із зразків не містить цих сторонніх часток, що відповідає нормам безпеки та санітарно-гігієнічним вимогам [10].

Узагальнюючи, всі досліджені зразки картопляного крохмалю — ТМ «Сто пудів», СТОВ «Агрокомплекс-98», ТМ «Алексіс» та ТМ «Розумний вибір» — повністю відповідають вимогам ДСТУ 4286:2004 за ключовими якісними показниками. Найкращі результати за сукупністю параметрів демонструє зразок ТМ «Алексіс» — він має найнижчу кислотність, найменшу кількість вкраплень та прийнятний рівень зольності. Водночас зразок ТМ «Розумний вибір» вирізняється мінімальним вмістом загальної золи, а СТОВ «Агрокомплекс-98» — найнижчим вмістом піску. Це свідчить про високу якість продукції вітчизняного виробництва та перспективність її використання як у харчовій, так і в інших галузях промисловості [10].

3.3. Результати проведення дегустаційної балової оцінки якості крохмалю

Остаточним етапом проведеного дослідження, що передував визначенню комплексного показника якості зразків картопляного крохмалю, стало здійснення дегустаційної оцінки методом балової системи. Цей етап був спрямований на встановлення параметрів крохмалю, зокрема зовнішнього вигляду, кольору, запаху, упакування та маркування. Отримані результати

оцінювання дозволили визначити рівень споживчої привабливості та якісні відмінності між досліджуваними зразками картопляного крохмалю.

Візуальне представлення результатів дегустації — тобто балової оцінки якості вибраних зразків картопляного крохмалю, вироблених українськими підприємствами — наведено у графічній формі на рисунку 3.3 відповідно до оцінок дегустаційної комісії (Додаток Г).

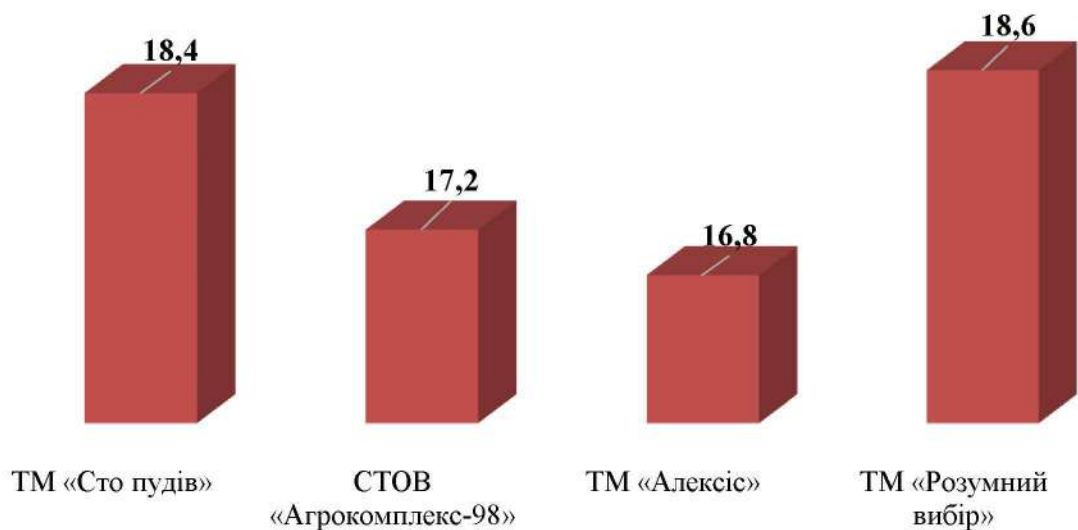


Рисунок 3.3— Балова оцінка якості обраних зразків картопляного крохмалю різних виробників

Загальні результати балової оцінки досліджуваних зразків картопляного крохмалю засвідчили, що найбільшу кількість балів отримав зразок картопляного крохмалю ТМ «Розумний вибір» (ПБП «Вимал» Чернігівська область) – 18,6 бала, на 0,2 бала менше отримав зразок картопляного крохмалю ТМ «Сто пудів» (ТОВ «ПРОДЕНЕРГО» (м.Харків)) – 18,4 бала; зразок картопляного крохмалю, виробництва СТОВ «Агрокомплекс-98» (Житомирська область) отримав 17,2 бала, ці зразки крохмалю мають відмінну якість. Найменшу кількість отримав картопляний крохмаль ТМ «Алексіс» (м.Хмельницький) – 16,8 бала та має рівень якості «добре». Таким чином, досліджувані зразки картопляного крохмалю допускаються до реалізації в торгівельну мережу м. Полтава

3.4. Визначення комплексного показника якості крохмалю

Комплексна оцінка якості зразків картопляного крохмалю дозволила здійснити всебічний аналіз продукції чотирьох українських виробників — ТМ «Сто пудів», СТОВ «Агрокомплекс-98», ТМ «Алексіс» та ТМ «Розумний вибір». Результати дослідження охоплювали органолептичні, фізико-хімічні показники та дегустаційну балову оцінку, що дало змогу встановити загальний рівень якості кожного зразка та визначити їхню придатність до подальшого використання в харчовому виробництві.

Всі досліджені зразки повністю відповідали вимогам чинного стандарту ДСТУ 4286:2004 «Крохмаль картопляний. Технічні умови» за органолептичними показниками. Продукти мали однорідну структуру, білий колір без відтінків, типовий для натурального крохмалю запах без сторонніх домішок. Такі результати свідчать про належну якість сировини, чітке дотримання технологічного процесу та гігієнічних вимог на виробництві [10].

Фізико-хімічні показники також підтвердили високу якість усіх зразків. Масова частка вологи, зольність, кислотність та наявність нерозчинних домішок не виходили за межі встановлених норм. Особливо варто відзначити зразок ТМ «Розумний вибір», який мав найнижчу зольність, що свідчить про якісне очищення. Зразок СТОВ «Агрокомплекс-98» продемонстрував найменший вміст нерозчинної золи, тобто піску, що також є позитивною характеристикою чистоти продукту. Зразок ТМ «Алексіс» вирізнявся мінімальною кислотністю та найменшою кількістю візуально помітних краплень, що є ознакою доброго очищення та стабільної якості.

Під час дегустаційної балової оцінки, яка включала аналіз зовнішнього вигляду, кольору, запаху, упаковки та маркування, було встановлено певні відмінності між зразками. Найвищу сумарну оцінку — 18,6 бала — отримав крохмаль ТМ «Розумний вибір», що підтверджує його високу споживчу привабливість. На другому місці з незначним відривом опинився зразок ТМ «Сто пудів» — 18,4 бала. Обидва ці зразки були охарактеризовані як продукція

з відмінною якістю. Крохмаль від СТОВ «Агрокомплекс-98» набрав 17,2 бала, що також відповідає рівню «відмінно». Найменший бал — 16,8 — отримав зразок ТМ «Алексіс», що все ж таки відповідає рівню «добре», хоч і дещо поступається іншим за сумарною оцінкою.

Загалом, результати комплексної оцінки засвідчують, що всі досліджені зразки картопляного крохмалю можуть бути безпечно використані у харчовому виробництві. Найкращі загальні показники за сукупністю параметрів продемонстрував зразок ТМ «Розумний вибір», це підтверджує не лише високу якість продукції, але й конкурентоспроможність вітчизняних виробників на ринку. Зразки картопляного крохмалю рекомендовано до реалізації в торгівельній мережі м. Полтава, оскільки жоден із них не виявив відхилень від нормативних показників.

РОЗДІЛ 4

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ КРОХМАЛЮ

4.1. Особливості формування та динаміка мікробіологічного складу картопляного крохмалю в процесі виробництва і зберігання

Картопляний крохмаль, будучи природним продуктом, не є стерильним і завжди містить певний набір мікроорганізмів. Початковий склад мікрофлори крохмалю формується вже на етапах збору сировини — картоплі, а також під час її обробки та переробки. Основні мікроорганізми, які можуть бути присутніми у свіжому крохмалі, належать до таких груп:

- Бактерії роду *Bacillus*, які відомі своєю здатністю утворювати спори, що робить їх дуже стійкими до несприятливих умов, дані бактерії можуть тривалий час виживати в сухому середовищі та активно розмножуватися, якщо створюються відповідні умови.
- Псевдомонади (*Pseudomonas* spp.) — аеробні бактерії, здатні викликати псування харчових продуктів завдяки виробленню ферментів, які руйнують органічні компоненти.
- Молочнокислі бактерії (*Lactobacillus* spp.) — вони можуть бути присутні в незначній кількості та іноді позитивно впливати на зберігання продукту, перешкоджаючи росту патогенів.
- Дріжджі та цвілеві гриби — на початку зберігання їх кількість зазвичай низька, але ці мікроорганізми можуть швидко розвиватися, особливо при підвищеній вологості.

Загальна чисельність мікроорганізмів у крохмалі залежить від санітарних умов виробництва, чистоти обладнання, правильності обробки та пакування. Наявність мікробів у крохмалі вважається нормою, але їх кількість та видова структура мають бути в межах допустимих норм, встановлених санітарними стандартами [7].

Під час зберігання картопляного крохмалю мікрофлора зазнає значних змін, які залежать від умов зберігання — температури, вологості, тривалості зберігання, а також від пакування [1].

Вплив вологості та температури. Крохмаль зазвичай зберігають у сухому середовищі, оскільки висока вологість сприяє росту і розмноженню більшості мікроорганізмів, особливо цвілевих грибів і дріжджів. Якщо вологість підвищується понад критичний рівень (близько 14–16 %), створюються сприятливі умови для активного росту пліснявих грибів, що призводить до псування продукту. Температура також істотно впливає: при високих температурах (понад 25–30 °C) швидкість розвитку мікроорганізмів підвищується, що скорочує термін придатності крохмалю. Низькі температури (10–15 °C або нижче) уповільнюють мікробіологічні процеси та продовжують термін зберігання [8].

Динаміка чисельності мікроорганізмів. На початковому етапі зберігання чисельність мікроорганізмів може залишатися стабільною або зростати дуже повільно, якщо умови зберігання оптимальні — сухо, прохолодно, герметично. Проте з часом, особливо при порушенні санітарних норм чи поганому пакуванні, кількість бактерій, дріжджів та пліснявих грибів збільшується. Найбільш активний ріст спостерігається у бактерій роду *Bacillus*, які можуть проростати зі спор і спричиняти появу неприємного запаху або зміну фізичних властивостей крохмалю [17].

Види мікроорганізмів, що домінують при зберіганні. З плином часу у мікрофлорі крохмалю можуть домінувати стійкі до несприятливих умов види: спороутворюючі бактерії, дріжджі та цвілеві гриби. Особливо небезпечні грибки, що продукують мікотоксини — токсичні сполуки, які можуть загрожувати безпеці харчового продукту. Розвиток плісняви особливо характерний при підвищеній вологості та температурі, що підвищує ризик порушення якості та потенційної токсичності продукту.

Дефекти крохмалю — це різноманітні зміни його фізичних, хімічних і мікробіологічних властивостей, які негативно впливають на якість і

функціональні характеристики продукту. Вони можуть виникати внаслідок помилок у технології виробництва, порушень умов зберігання або зовнішніх факторів, таких як механічні пошкодження чи мікробіологічне забруднення. Розуміння природи та причин виникнення дефектів крохмалю є важливим для забезпечення його безпеки та ефективності в подальшому використанні.

Дефекти крохмалю можуть значно впливати на його якість, функціональні властивості та застосування у різних галузях промисловості, особливо в харчовій. Вони виникають через різноманітні причини — від помилок у технологічному процесі виробництва до порушень умов зберігання. Розглянемо основні види дефектів крохмалю та їхній вплив детальніше [25].

По-перше, одним із найпоширеніших дефектів є зміна структури крохмальних гранул. Порушення цілісності гранул можуть виникати через механічні пошкодження під час обробки або транспортування. Такі дефекти призводять до погіршення клейковини крохмалю, зниження його здатності до желатинізації, а отже — зменшення ефективності у виробництві харчових продуктів або інших матеріалів. Крім того, ушкоджені гранули більш схильні до дії мікроорганізмів, що прискорює псування крохмалю.

По-друге, пошкодження можуть бути пов'язані з фізіологічними змінами у вихідній сировині — бульбах картоплі чи зерні. Наприклад, підвищена вологість, замерзання, надмірна вологість при сушінні або тривале зберігання можуть спричинити гідроліз крохмалю та зміну його молекулярної структури. Це відображається на зниженні в'язкості розчинів крохмалю, зміні текстури та втраті споживчих якостей.

Ще одним суттєвим дефектом є забруднення крохмалю сторонніми домішками. Це можуть бути залишки рослинних тканин, інші біологічні матеріали або навіть хімічні речовини, що потрапили під час виробництва. Такі домішки не лише погіршують вигляд і текстуру продукту, а й можуть негативно впливати на його безпеку, сприяючи розвитку мікроорганізмів та алергенності [40].

Також варто зазначити дефекти, пов'язані з мікробіологічним псуванням. Наявність бактерій, дріжджів чи пліснявих грибів у крохмалі призводить до появи неприємного запаху, змін кольору, утворення слизу чи злипанню гранул. Це свідчить про порушення гігієнічних умов виробництва або зберігання. Мікробіологічні дефекти є критично важливими, оскільки безпосередньо впливають на безпеку кінцевого продукту [51].

Важливим фактором також є зміни фізико-хімічних властивостей крохмалю, які можуть проявлятися в зміні розчинності, набуханні, в'язкості, здатності до ретроградації. Зазначені дефекти виникають через неправильне зберігання (наприклад, підвищену вологість або перепади температури), що негативно позначається на стабільності крохмалю та його функціональних характеристиках [66].

Отже, дефекти крохмалю — це комплекс явищ, що можуть виникати на різних етапах його виробництва, обробки та зберігання. Вони суттєво впливають на якість, безпеку та придатність крохмалю для подальшого використання. Для запобігання таким проблемам необхідне суворе дотримання технологічних процесів, умов зберігання і регулярний контроль якості на всіх етапах виробництва.

Для запобігання розвитку мікроорганізмів ключовими є контроль температури та вологості. Рекомендується зберігати крохмаль у сухих, прохолодних приміщеннях із відносною вологістю не вище 60%. Оптимальна температура — від +10 до +15 °C. Такий режим гальмує активність бактерій, дріжджів і грибів, знижуючи ризик псування продукту. Крім того, важливо уникати частих коливань температури та вологості, які можуть сприяти конденсації вологи всередині пакування та появі зон із підвищеною мікробіологічною активністю.

Використання герметичних упаковок із матеріалів із низькою паропроникністю дозволяє захистити крохмаль від проникнення вологи та мікроорганізмів з навколишнього середовища. Найчастіше застосовують полімерні пакети або багатошарові комбіновані матеріали. Застосування

вакуумного або модифікованого газового середовища в упаковці додатково гальмує ріст мікрофлори, особливо аеробних бактерій і грибів [40].

Дотримання суворих санітарних норм при виробництві, фасуванні та зберіганні крохмалю має велике значення для зменшення початкового рівня мікробного забруднення. Регулярне очищення і дезінфекція приміщень, обладнання, тари, а також особиста гігієна персоналу — основа профілактики контамінації. Важливо уникати контактів з сирими або зараженими матеріалами, а також пилом, який може переносити спори грибів.

Іноді для підвищення мікробіологічної стабільності крохмалю застосовують термічну обробку (сушіння, пастеризацію), що знищує активну мікрофлору і спороутворюючі бактерії. Також існують методи обробки ультрафіолетом, іонізацією або використання консервантів, однак у харчовій промисловості такі методи застосовують обережно, щоб не погіршити якість продукту [35].

Методи мікробіологічного контролю якості крохмалю є невід'ємною складовою гарантування безпеки та споживчих властивостей цього продукту. Крохмаль, як харчова та технічна сировина, може бути забруднений різноманітними мікроорганізмами, серед яких зустрічаються як нешкідливі сапрофіти, так і потенційно патогенні бактерії, дріжджі та плісняві гриби. Наявність та інтенсивність розвитку мікрофлори безпосередньо впливають на якість, термін зберігання і безпечність крохмалю. Тому своєчасне і точне виявлення мікроорганізмів, визначення їх виду та кількості — це ключові завдання мікробіологічного контролю [18].

Для досягнення цих цілей використовують комплекс різних методів, що включають класичні культуральні методики, мікроскопічний аналіз, фарбування, а також сучасні молекулярні та імунологічні підходи. Дані методи дозволяють не лише оцінити загальний рівень мікробного забруднення, а й виявити конкретні види шкідливих мікроорганізмів, які можуть спричинити псування або загрозу здоров'ю споживачів. Впровадження таких методів є основою системи контролю якості, що

забезпечує відповідність продукції вимогам санітарних норм і стандартів безпеки харчових продуктів.

Перший і базовий етап мікробіологічного контролю якості крохмалю полягає у визначенні загальної кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ). Цей показник свідчить про ступінь забруднення продукту мікроорганізмами, які здатні розмножуватися при температурі близько 30–37 °С, що є оптимальною для багатьох патогенних і сапрофітних бактерій. Для цього зразок крохмалю розбавляють у стерильній дистильованій воді або фізіологічному розчині і проводять посів на щільні поживні середовища, найчастіше – м'ясо-пептонний агар (МПА). Після інкубації в термостаті при 37 °С протягом 24-48 годин підраховують кількість колоній, що утворилися, що дає кількісний показник забрудненості [25].

Для ідентифікації конкретних груп мікроорганізмів застосовують різні селективні та диференціальні середовища. Наприклад, агар Ендо використовується для виділення грамнегативних бактерій, зокрема ентеробактерій, які можуть свідчити про санітарний стан сировини або умови зберігання. Сусло-агар (СА) призначений для культивування дріжджів і пліснявих грибів, які часто присутні у крохмалі та можуть викликати псування продукту. Кожне середовище містить специфічні поживні речовини та індикатори, що дозволяють візуально розрізняти різні види мікроорганізмів за кольором, формою та іншими ознаками колоній [40].

Для уточнення морфології та типу мікроорганізмів застосовують мікроскопічний аналіз. Зразки мікробної культури готують у вигляді мазків на предметних скельцях, які фіксують та фарбують за методом Грама. Цей класичний метод дозволяє розділити бактерії на грампозитивні (забарвлюються у темно-фіолетовий колір) і грамнегативні (фарбуються рожево-червоним кольором). Таке фарбування допомагає не тільки ідентифікувати основні групи бактерій, але й оцінити їх структуру, розмір і

спосіб спороутворення, що є важливим для подальшого визначення потенційної патогенності чи ролі у псуванні продукту [64].

Спороутворюючі бактерії, зокрема представники роду *Bacillus* і *Clostridium*, становлять особливу загрозу для якості крохмалю. Вони утворюють спори, які є стійкими до високих температур, дезінфікуючих засобів і несприятливих умов зберігання. Для виявлення цих бактерій застосовують спеціалізовані методи культивування, які включають попереднє термічне оброблення зразків для активації спор, а також посів на поживні середовища, що стимулюють ріст саме цих мікроорганізмів. Виявлення таких бактерій є критично важливим, оскільки вони можуть продукувати токсини, які загрожують безпеці продукту і здоров'ю споживачів.

Для оперативного і точного контролю патогенів у крохмалі дедалі частіше застосовують молекулярні методи, такі як полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР). Ця технологія дозволяє визначити наявність ДНК специфічних мікроорганізмів навіть у дуже малих кількостях без необхідності тривалого культивування. Так само поширені імунологічні методи, наприклад, імуноферментний аналіз (ELISA), який базується на специфічній взаємодії антитіл і антигенів. Такі методи дають змогу швидко ідентифікувати патогенні бактерії та їх токсини, що є ключовим для забезпечення безпеки харчових продуктів.

Окрім безпосереднього мікробіологічного аналізу, важливо контролювати і фактори зберігання, які впливають на розвиток мікроорганізмів у крохмалі. До таких факторів належать температура, вологість, доступ кисню, а також умови пакування. Регулярний контроль цих параметрів у комбінації з мікробіологічними дослідженнями дозволяє своєчасно виявляти загрозу розвитку псування і приймати необхідні заходи для його запобігання [60].

Мікробіологічний контроль якості крохмалю є важливим і комплексним процесом, який забезпечує безпечність та збереження споживчих властивостей цього продукту. Аналіз мікрофлори крохмалю дозволяє виявити

присутність різноманітних мікроорганізмів, серед яких можуть бути як нешкідливі, так і потенційно небезпечні для здоров'я людини бактерії, дріжджі та плісняві гриби. Зміни мікробного складу під час зберігання впливають на якість продукту, тому своєчасний моніторинг мікрофлори є необхідним для попередження псування і забезпечення тривалого терміну зберігання.

Методи мікробіологічного контролю, які застосовуються для оцінки якості крохмалю, включають культуральні посіви, мікроскопічний аналіз, фарбування за Грамом та інші класичні підходи, що дозволяють не лише підрахувати мікроорганізми, а й визначити їх морфологічні та таксономічні особливості. Впровадження цих методів у виробничий процес дає змогу своєчасно виявляти потенційні ризики, підтримувати високі стандарти якості та відповідати вимогам санітарних норм і стандартів безпеки харчових продуктів [53].

Отже, систематичний мікробіологічний контроль є основою для забезпечення якості та безпеки крохмалю на всіх етапах виробництва, зберігання та реалізації, що є важливим для задоволення потреб споживачів і підтримання репутації виробника.

4.2. Актуальність, мета, матеріали та методи мікробіологічного дослідження

Картопляний крохмаль – це харчовий продукт, що широко застосовується у харчовій промисловості, фармації та побуті. Його отримують шляхом екстрагування з бульб картоплі, подальшого очищення, сушіння і подрібнення. У процесі виробництва та зберігання картопляного крохмалю можливе потрапляння мікроорганізмів із сировини, води, повітря, обладнання та пакування. Відомо, що крохмаль є гарним середовищем для розвитку мікрофлори за умов підвищеної вологості та температури.

Особливу загрозу становлять плісняві гриби роду *Aspergillus*, *Penicillium*, бактерії роду *Bacillus*, а також умовно-патогенні мікроорганізми, які можуть викликати псування продукту, зниження його якості, і, за певних умов, становити загрозу здоров'ю споживачів. Тому контроль мікробіологічної якості картопляного крохмалю є необхідним [30].

Мікробіологічна безпека крохмалю регламентується відповідними нормативними документами. Допустимий вміст загальної кількості мікроорганізмів, відсутність бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів (зокрема, сальмонел), пліснявих грибів і дріжджів — є показниками придатності продукту до вживання.

Метою дослідження було визначення мікробіологічних показників якості та безпеки картопляного крохмалю відразу після відкриття упаковки та після 10 днів зберігання в умовах холодильника.

Отже, мікробіологічний аналіз, проведений нами, мав на меті: а) визначення загальної кількості мікроорганізмів в одиниці маси (кількісний аналіз); б) визначення якісного складу мікрофлори: визначення родини, роду або виду колоній, що вирости (якісний аналіз); в) аналіз змін мікрофлори після зберігання крохмалю при температурі 6-8 °C і вологості 75-78 % [18].

Мікробіологічний аналіз складався з трьох етапів:

1. Посів зразка крохмалю на поживне середовище.
2. Вирощування колоній мікроорганізмів при температурі 37 °C протягом 48 годин.
3. Аналіз колоній — підрахунок, опис, ідентифікація, визначення доброякісності продукту.

Необхідне обладнання та матеріали:

- зразки крохмалю, дистильована вода;
- стерильний лабораторний посуд: піпетки, шпателі, чашки Петрі, предметні і покривні скельця, бактеріологічні петлі;
- обладнання: сушильна шафа, автоклав, термостат, мікроскоп;

- поживні середовища: м'ясо-пептонний агар (МПА), сусло-агар (СА), середовище Ендо;
- барвники для забарвлення за Грамом: генціанвіолет, розчин Люголя, спирт, фуксин [42].

Підготовка зразків до аналізу. Посів проводили на поверхню МПА або СА: у чашку Петрі вносили 0,1 см³ суспензії крохмалю. Шпателем рівномірно розподіляли зразок по середовищу. Чашки інкубували 48 годин у термостаті. Після інкубації проводився підрахунок колоній.

Для морфологічного аналізу готували препарат «роздавлена крапля» та забарвлювали мікроорганізми за Грамом. Після забарвлення мікроорганізми вивчали під мікроскопом з об'єктивами $\times 10$ і $\times 40$. Грампозитивні мікроорганізми мали темно-фіолетове забарвлення, грамнегативні – рожеве.

Культуральні особливості колоній мікроорганізмів. Колонії описували за наступними ознаками:

- розташування: поверхневий або глибинний ріст;
- форма: округла, фестончаста, ризоїдна, амебоподібна тощо;
- профіль: опуклий, плескатий, конусоподібний, кратероподібний тощо;
- край колоній: гладкий, хвилястий, зубчастий, лопатковий, нитчастий тощо;
- структура: однорідна, зерниста, волокниста;
- поверхня: гладка, зморшувата, шорстка, горбиста;
- оптичні властивості: блискуча, матова, прозора;
- консистенція: слизька, шкіряста, хрящоподібна;
- колір: білий, жовтий, чорний, рожевий тощо;
- розмір: до 1 мм — дуже дрібні, 1–2 мм — дрібні, 2–4 мм — середні, понад 4 мм — великі;
- характер росту: рясний, помірний, слабкий [51].

На основі отриманих результатів було зроблено висновки про мікробіологічну безпеку та якість картопляного крохмалю залежно від умов зберігання.

4.3. Визначення мікробіологічних показників якості крохмалю

Мікробіологічні показники якості.

Для підрахунку кількості мікроорганізмів у досліджуваних зразках картопляного крохмалю застосовують формулу, за якою після підрахунку колоній, що вирости в чашках Петрі, отримане число слід помножити на розведення. Потім потрібно помножити на 20 (встановлено, що в 1 см³ знаходиться 20 крапель) та поділити отримане число на наважку, і в результаті матимемо кількість мікроорганізмів у 1 см³. При проведенні дослідження було отримано результати, які наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Мікробіологічні показники картопляного крохмалю різних вітчизняних виробників

Назва показників	Характеристика картопляного крохмалю				
	відповідно до стандарту ДСТУ 4286:2004	ТМ «Сто пудів»	СОВ «Агрокомплекс-98»	ТМ «Алексіс»	ТМ «Розумний вибір»
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше ніж	$1,0 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$	$6,2 \times 10^3$	$8,4 \times 10^3$	$5,1 \times 10^3$
Плісневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	5,0-10	3,0	5,2	7,5	4,1
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 1 г	Не дозволено	Не виявлено			
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Сальмонелла, в 25 г	Не дозволено	Не виявлено			
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0-10	2,4	3,7	5,8	4,2

Усі зразки картопляного крохмалю відповідають вимогам безпечності, визначеним ДСТУ 4286:2004, що підтверджує їх придатність до споживання. Отримані результати свідчать, що:

- картопляний крохмаль ТМ «Сто пудів» характеризується найнижчим рівнем забруднення МАФАМ ($4,5 \times 10^3$ КУО/г), що свідчить про високий рівень санітарії на виробництві, плісені та дріжджів виявлено в одиничних кількостях, що є типовим для продуктів із крохмалю;
- картопляний крохмаль, виробництва СТОВ «Агрокомплекс-98» має дещо вищі показники мікробіологічної обсіменінності ($6,2 \times 10^3$ КУО/г), але також знаходиться в межах нормативу, виявлена кількість плісневих грибів і дріжджів не перевищує допустимі значення;
- картопляний крохмаль ТМ «Алексіс» демонструє найвищі показники МАФАМ ($8,4 \times 10^3$ КУО/г) та дріжджів (5,8 КУО/г), що свідчить про можливе незначне відхилення у дотриманні умов виробництва або зберігання, водночас жодних патогенних мікроорганізмів не виявлено, тому крохмаль безпечний;
- картопляний крохмаль ТМ «Розумний вибір» показав загалом добрі результати, хоча рівень МАФАМ трохи вищий, ніж у зразка «Сто пудів», виявлені значення плісневих грибів і дріжджів низькі, що свідчить про добру якість картопляного крохмалю та технологічну дисципліну.

Таким чином, жоден із досліджених зразків крохмалю вітчизняного виробництва не містить патогенних або умовно патогенних мікроорганізмів, а кількісні показники мікрофлори не перевищують встановлених нормативів, що дозволяє вважати всю продукцію безпечною та придатною для використання в харчовій промисловості чи побуті. Найкращі мікробіологічні характеристики має зразок ТМ «Сто пудів», найменш сприятливі — зразок картопляного крохмалю ТМ «Алексіс», хоча й у межах допустимих норм.

*Визначення культуральних особливостей мікрофлори зразків
картопляного крохмалю.*

Зразок №1. Картопляний крохмаль ТМ «Сто пудів», виробництва ТОВ «ПРОДЕНЕРГО» (м.Харків). При визначенні культуральних особливостей на середовищі МПА було виявлено три типи колоній, загальна кількість яких становила 908. Колонії першого типу — 863 — мали округлу форму, розмір 0,5–1 см, білого кольору, блискучі, край колоній — гладкий, структура — дрібнозерниста. Профіль колоній — каплеподібний, консистенція — м'яка. Колонії другого типу (37 од.) мали округлу форму з фестончастим краєм, білого кольору, матові, непрозорі, з дрібнозернистою структурою, профіль — каплеподібний, консистенція — м'яка. Колонії третього типу (8 од.) — округлі, жовтого кольору, з гладкою непрозорою поверхнею, дрібнозернистою структурою, каплеподібним профілем і м'якою консистенцією. На середовищі СА було виявлено 7 колоній дріжджів: округлої форми, розміром 0,5–0,1 см, білого кольору, з гладкою, непрозорою поверхнею, хвилястим краєм, краплеподібним профілем та слизистою консистенцією. Структура колоній — однорідна.

Зразок №2. Картопляний крохмаль ТМ «Розумний вибір», виробництва ПБП «Вимал» (Чернігівська обл.) На МПА було виявлено чотири типи колоній, загальною кількістю 915. Колонії першого типу (878 од.) — білого кольору, блискучі, розміром 0,5 мм, м'якої консистенції, з бугристим профілем, ниткоподібним краєм, дрібнозернистої структури. Колонії другого (24 од.), третього (1 од.) і четвертого типів (12 од.) були подібними за характеристиками: молочного або жовтого кольору, матові, непрозорі, розміром від 0,5 мм до 2 см, з плоским профілем, дрібнозернистою структурою, ниткоподібним краєм і м'якою консистенцією. На середовищі СА було виявлено 505 колоній: овальної та зморшкуватої форми, білого кольору, шорсткої поверхні, не прозорі, розміром 0,5–5 мм, край — хвилястий, структура — однорідна, дрібнозерниста.

Зразок №3. Картопляний крохмаль ТМ «Алексіс» (м.Хмельницький). На середовищі МПА виявлено чотири типи колоній, загальною кількістю 658. Колонії першого типу — округлі, жовтого кольору, 1 мм у діаметрі, прозорі, з вигнутим профілем, дрібнозернистою структурою і хвилястим краєм. Колонії другого типу — округлі, молочно-білі, розміром 1 мм – 2 см, з випуклою, непрозорою поверхнею, бугристим профілем, дрібнозернистою структурою, хвилястим краєм. Третій тип колоній — округлі, білого кольору, блискучі, напівпрозорі, розміром до 2 см, вигнутий профіль, дрібнозерниста структура, край хвилястий. Четвертий тип — округлі колонії, розміром від 1 мм до 1 см, бугристої, непрозорої поверхні, з бугристим профілем, хвилястим краєм, дрібнозернистої структури. На СА виявлено 65 колоній округлої форми, розміром 1–7 мм, молочного кольору, напівпрозорі, з гладким краєм і однорідною дрібнозернистою структурою.

Зразок №4. Картопляний крохмаль ТМ «Розумний вибір», виробництва ПБП «Вимал» (Чернігівська область). На поживному середовищі МПА було виявлено два основні типи колоній. Перший тип – колонії білого кольору, розміром 1–2 мм, з гладкою поверхнею, блискучі, дрібнозернистої структури, з рівним краєм, м'якої консистенції. Другий тип – колонії жовтуватого відтінку, розміром до 0,5 см, з матовою поверхнею, профіль трохи піднятий, край хвилястий. На СА було виявлено 18 колоній дріжджових мікроорганізмів округлої форми, білого кольору, слизистої консистенції, напівпрозорих.

Визначення морфологічних особливостей мікрофлори крохмалю

Зразок №1. Картопляний крохмаль ТМ «Сто пудів». У колоніях першого та другого типу виявлено грампозитивні бактерії. Другий тип – мікрококи округлої форми.

Зразок №2. Картопляний крохмаль ТМ «Алексіс». Колонії першого типу містили грампозитивні палички розміром близько 2 мкм. У колоніях другого типу — грампозитивні палички, що утворюють спори (бацилярного типу). Третій тип — грампозитивні мікрококи.

Зразок №3. Картопляний крохмаль ТМ «Агрокомплекс-98». У колоніях першого типу — грампозитивні мікрококи. У колоніях другого і третього типів — грампозитивні палички, що утворюють слиз.

Зразок №4. Картопляний крохмаль ТМ «Розумний вибір». Мікроскопування показало наявність грампозитивних паличкоподібних бактерій у колоніях першого типу. У колоніях другого типу були виявлені мікрококи, які формують слизову оболонку. Дріжджові клітини, виявлені на СА, мали овальну форму, без капсул, діаметром 3–4 мкм.

Таким чином, в результаті мікробіологічного дослідження зразків картопляного крохмалю було встановлено наявність різних типів мікроорганізмів, представлених переважно грампозитивною мікрофлорою — мікрококами, паличкоподібними бактеріями та споровими формами. Це свідчить про типову контамінацію сировини на стадіях виробництва та зберігання.

Найбільшу кількість колоній було виявлено у зразках картопляного крохмалю ТМ «Сто пудів» та «Алексіс», де переважали грампозитивні палички та дріжджі, що потребує контролю умов виробництва та санітарного стану обладнання. Зразки картопляного крохмалю ТМ «Агрокомплекс-98» та «Розумний вибір» продемонстрували меншу чисельність мікрофлори, однак також містили бактерії слизоутворювального типу, що є потенційним джерелом псування продукції.

Отримані дані свідчать про необхідність дотримання суворих санітарно-гігієнічних норм на всіх етапах виробництва картопляного крохмалю з метою підвищення його мікробіологічної безпечності та забезпечення стабільної якості [40].

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставлену мету дослідження, що дало змогу сформулювати низку обґрунтованих висновків щодо властивостей, якості та перспектив використання крохмалю, виробленого за допомогою біотехнологічних методів:

1. Крохмаль є одним із найважливіших природних вуглеводів, який виконує ключову роль у харчуванні людини та в технологічних процесах харчової промисловості. Як джерело енергії, він забезпечує фізіологічні потреби організму, а завдяки своїм функціональним властивостям — драглеутворювальній здатності, в'язкості та стабільності — широко використовується у виробництві різноманітних продуктів. Його хімічна структура, співвідношення амілози та амілопектину, визначає фізико-хімічні характеристики, що мають значення для технологів. Завдяки біотехнологічним підходам процес виробництва крохмалю постійно вдосконалюється, що сприяє підвищенню його якості, зменшенню втрат сировини та розширенню можливостей застосування. Крім того, сучасні дослідження підкреслюють цінність резистентного крохмалю як пребіотику, що відкриває нові перспективи його використання у функціональних продуктах харчування.

2. Ринок крохмалю є динамічним і стратегічно важливим сегментом агропродовольчого сектору як у світі, так і в Україні. Світовий ринок характеризується стабільним зростанням обсягів виробництва, широким спектром застосування та технологічними інноваціями, з провідними позиціями США, Китаю та країн ЄС. В Україні, попри вплив зовнішніх викликів, ринок крохмалю демонструє поступову позитивну динаміку, зосереджену на виробництві харчового картопляного та кукурудзяного крохмалю, де провідну роль відіграють підприємства Чернігівської, Житомирської та Хмельницької областей. Зростаючий внутрішній попит, прагнення до імпортозаміщення, розширення експорту та інтерес до

екологічно безпечної продукції створюють перспективи для подальшого розвитку українського ринку крохмалю.

3. На сучасному етапі розвитку харчової та суміжних галузей спостерігається активне впровадження інноваційних біотехнологічних рішень у традиційне виробництво крохмалю, що зумовлено потребою підвищення ефективності, екологічності та якості кінцевого продукту. Традиційні способи, хоча й залишаються економічно доцільними та технічно освоєними, поступаються біотехнологічним підходам у таких критичних аспектах, як енергоощадність, селективність переробки, мінімізація шкідливих відходів та можливість глибокої модифікації продукту. Ферментативні технології, засновані на дії специфічних мікробіологічних ферментів, дозволяють здійснювати контрольовану та цілеспрямовану трансформацію крохмалю з високим ступенем чистоти та відповідності вимогам різних галузей. Отже, інтеграція біотехнологічних методів у виробництво крохмалю є перспективним напрямом, що забезпечує як підвищення функціональних властивостей продукту, так і відповідність сучасним вимогам сталого розвитку.

4. Сировинна база для виробництва крохмалю є визначальним чинником якості кінцевого продукту, ефективності технологічного процесу та економічної доцільності його виготовлення. Традиційні культури — кукурудза, картопля, пшениця та рис — мають усталені переваги у вигляді високого вмісту крохмалю, добре відпрацьованих технологій переробки та широкої галузевої застосовності. Разом із цим, зростає інтерес до альтернативних джерел сировини, таких як тапіока, батат і побічні продукти агропереробки, що пов'язано з розвитком біотехнологій, потребою в адаптації до кліматичних змін і прагненням до сталого, екологічно орієнтованого виробництва.

5. Різноманіття морфолого-анатомічних та біохімічних властивостей різних культур обумовлює специфіку отриманого крохмалю, його функціональність та галузі застосування, зокрема у харчовій, фармацевтичній,

текстильній, паперовій та біоіндустрії, включно з виробництвом біопластику та біоетанолу.

6. Об'єктами дослідження кваліфікаційної роботи стали чотири зразки картопляного крохмалю вітчизняного виробництва, а саме: ТМ «Сто пудів» (м.Харків), СТОВ «Агрокомплекс-98» (Житомирська область), ТМ «Алексіс» (м.Хмельницький), ТМ «Розумний вибір» (ПБП «Вимал», Чернігівська область).

7. У кваліфікаційній роботі використано методи теоретичного аналізу літературних джерел, органолептичної оцінки, фізико-хімічних досліджень відповідно до вимог чинного стандарту ДСТУ 4286:2004 «Крохмаль картопляний. Технічні умови», а також дегустаційну балову оцінку для комплексної оцінки якості зразків крохмалю.

8. Аналіз асортименту крохмалю в роздрібній торгівельній мережі м.Полтава виявив чітку концентрацію ринку навколо кукурудзяного та картопляного крохмалю, які разом складають понад 75% пропозиції, що обумовлено їх технологічними властивостями, доступністю сировини та широким спектром застосувань у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості. Українські виробники займають провідну позицію на ринку, забезпечуючи значну частку асортименту завдяки конкурентній ціні та географічній близькості, водночас європейські та азійські постачальники доповнюють ринок спеціалізованими та бюджетними продуктами, забезпечуючи його диверсифікацію.

9. Асортимент формується навколо трьох основних груп брендів, що охоплюють бюджетний, середній та преміальний сегменти, а за призначенням продукція охоплює побутове, професійне, модифіковане, органічне, безглютенове та технічне використання. Загалом, ринок крохмалю у місті Полтаві демонструє структуровану та гнучку систему пропозиції, яка відповідає різноманітним потребам споживачів і сприяє стабільності та розвитку галузі.

10. На основі органолептичної оцінки зразків картопляного крохмалю встановлено, що всі досліджувані зразки — ТМ «Сто пудів», СТОВ «Агрокомплекс-98», ТМ «Алексіс» та ТМ «Розумний вибір» — повністю відповідають вимогам ДСТУ 4286:2004. Вони характеризуються однорідною структурою без грудочок та домішок, білим кольором з природним блиском і типовим для крохмалю запахом без сторонніх або затхлих запахів.

11. Результати фізико-хімічної оцінки підтверджують відповідність усіх зразків встановленим нормативам. Масова частка вологи коливається в межах 17,8–19,1 %, що вказує на дотримання умов сушки та зберігання. Вміст золи та нерозчинних домішок (піску) є низьким у всіх зразках, що свідчить про ефективне очищення продукції. Найменший вміст золи виявлено у ТМ «Розумний вибір» (0,16 %), а найнижчий вміст піску — у зразку СТОВ «Агрокомплекс-98» (0,001 %), що є показником високої якості. Показники кислотності всіх зразків не перевищують допустимих значень, а кількість вкраплень знаходиться в межах нормативу, що разом із відсутністю металоманітних домішок підтверджує безпечність і якість картопляного крохмалю.

12. За результатами дегустаційної бальної оцінки встановлено, що найбільшу кількість балів отримав зразок картопляного крохмалю ТМ «Розумний вибір» (ПБП «Вимал» Чернігівська область) – 18,6 бала, на 0,2 бала менше отримав зразок картопляного крохмалю ТМ «Сто пудів» (ТОВ «ПРОДЕНЕРГО» (м.Харків)) – 18,4 бала; зразок картопляного крохмалю, виробництва СТОВ «Агрокомплекс-98» (Житомирська область) отримав 17,2 бала, ці зразки крохмалю мають відмінну якість. Найменшу кількість отримав картопляний крохмаль ТМ «Алексіс» (м.Хмельницький) – 16,8 бала та має рівень якості «добре». Таким чином, досліджувані зразки картопляного крохмалю допускаються до реалізації в торгівельну мережу м. Полтава.

13. Формування мікробіологічного складу картопляного крохмалю починається ще на етапах збору і первинної обробки сировини, а далі під впливом умов виробництва та зберігання змінюється залежно від температури,

вологості та санітарних норм. Основними мікроорганізмами є бактерії роду *Bacillus*, псевдомонади, молочнокислі бактерії, дріжджі та цвілеві гриби, які можуть впливати на якість і безпеку продукту.

14. Мікробіологічне дослідження зразків картопляного крохмалю вітчизняного виробництва показало, що всі зразки відповідають нормативам безпечності за ДСТУ 4286:2004, не містять патогенних мікроорганізмів та мають допустимий рівень мезофільної мікрофлори, плісневих грибів і дріжджів. Найкращі мікробіологічні показники зафіксовані у крохмалю ТМ «Сто пудів», що свідчить про високий рівень санітарії виробництва, тоді як зразок ТМ «Алексіс» має найбільшу кількість мікроорганізмів, що вказує на можливі недоліки у технології чи зберіганні, хоча й у межах норми. Морфологічний аналіз виявив переважання грампозитивної мікрофлори, зокрема мікрококів та паличкоподібних бактерій, що є типовою контамінацією на виробничих етапах. Загалом, результати підкреслюють необхідність суворого дотримання санітарно-гігієнічних норм для підвищення мікробіологічної безпечності та стабільної якості картопляного крохмалю.

ПРОПОЗИЦІЇ

Враховуючи результати проведеного дослідження та актуальні виклики в галузі виробництва крохмалю, пропонується комплекс заходів, спрямованих на удосконалення технологічних процесів, системи контролю якості та забезпечення безпеки продукції:

- розширити аналіз сучасних біотехнологічних методів виробництва крохмалю з акцентом на інноваційні технології та їх вплив на якість продукту;
- провести порівняльний огляд закордонних і вітчизняних стандартів якості крохмалю з метою визначення можливостей гармонізації нормативних документів;
- Запровадити систему контролю якості, яка враховує отримані результати ідентифікації для підвищення рівня стандартизації продукції;
- впровадити регулярний моніторинг мікробіологічних показників із застосуванням новітніх методів діагностики для забезпечення високої якості крохмалю;
- запровадити систему НАССР на виробництві крохмалю з акцентом на критичні контрольні точки, пов'язані з мікробіологічною безпекою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко Л.М., Сидоренко І.В. Мікробіологічні стандарти якості харчових продуктів в Україні. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 112 с.
2. Бондар І.В., Гуляєв В.М. Промислова мікробіологія. Харчова і агробіотехнологія: Навчальний посібник. Дніпро: Видавництво ДДТУ, 2004. – 280 с.
3. Бондаренко І.В. Сировинні ресурси для виробництва крохмалю в Україні. Харчова промисловість. 2018. № 5. С. 15–22.
4. Власенко П.М. Основи біотехнології харчових продуктів: навчальний посібник. Харків: ХНУ, 2018. – 280 с.
5. Гавриленко В.М., Петренко Л.А. Сучасні підходи до виробництва функціональних харчових продуктів на основі крохмалю. Харчові технології. 2021. № 1. С. 16–25.
6. Гніщевич В.А., Кравченко М.Ф., Штангеева Н.І. Харчові технології. Т. 1: Технологія продуктів рослинного походження: підручник. – Київ: Держ. торг.-екон. ун-т, 2024. – 411 с.
7. Грегірчак Н. М. Мікробіологія харчових виробництв: Лабораторний практикум. – Київ: НУХТ, 2009. – 302 с.
8. Гринько О.В., Шевченко Т.М. Мікробіологічні показники харчових продуктів: теорія та практика. Київ: Видавництво НАУ, 2017. – 256 с.
9. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
10. ДСТУ 7286:2004 «Крохмаль. Технічні умови». – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2004. – 18 с.
11. Дубровіна О.В. Технологія крохмалю: фізико-хімічні та біотехнологічні аспекти. Київ: Видавництво КНУТД, 2016. – 280 с.
12. Жук В.А. Сенсорний аналіз: навчальний посібник. Київ: Укоопосвіта, 1999. – 236 с.

13. Іваненко О.В., Мельник С.П. Аналіз ринку крохмалю в Україні: тенденції і перспективи. Економіка харчової промисловості. 2022. № 4. С. 30–38.
14. Іванова Н.В. Харкові технології: підручник для студентів. Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 420 с.
15. Іванова Н.М. Біотехнологічні процеси у харчовій промисловості. Харкові технології. 2018. № 2. С. 14–23.
16. Камінська І.В., Лазаренко О.П. Біотехнологічні аспекти виробництва і модифікації крохмалю. Біотехнологія. 2022. № 1. С. 12–20.
17. Капрельянц Л.В., Пилипенко Л.М., Єгорова А.В., Кананихіна О.М. Технічна мікробіологія: підручник. – Одеса: Друк, 2006. – 308 с.
18. Климнюк С. І. та ін. Практична мікробіологія: Посібник / С. І. Климнюк, І. О. Ситник, М. С. Творко, В. П. Широкобоков. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 440 с.
19. Коваленко О.В. Традиційні методи виробництва крохмалю та їх вдосконалення. Харкові технології. 2017. № 3. С. 22–29.
20. Коваленко Т.П., Мельник І.В. Біотехнологія харчових продуктів: навчальний посібник. Київ: Вища школа, 2015. – 312 с.
21. Ковальчук М.М., Тарасенко Ю.В. Традиційні джерела крохмалю: особливості вирощування та технології переробки. Агронаука. 2019. Т. 22, № 3. С. 78–85.
22. Козак В.І. Біотехнологія харчових продуктів: навчальний посібник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 320 с.
23. Кравченко В.М. Стандартизація харчової продукції в Україні. Київ: Видавництво НАУ, 2017. – 210 с.
24. Кравченко С.О. Інновації в харчовій біотехнології: монографія. Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. – 290 с.
25. Кузнецова Н.В., Петрова І.А. Контроль мікробіологічної якості харчової сировини. Харчова промисловість. 2019. № 7. С. 34–41.

26. Кузнєцова Н.В., Власенко І.П. Технології виробництва крохмалю із нетрадиційної сировини. Технології харчових продуктів. 2019. № 3. С. 20–28.
27. Кузьменко Т.В., Сидоренко А.О. Біотехнологічні підходи в переробці сільськогосподарської сировини. Харчова наука і технологія. 2021. № 1. С. 25–33.
28. Литвиненко В.С., Семенова Н.В. Методи оцінки мікробіологічної безпеки крохмалю. Вісник біотехнології і екології. 2020. Т. 5, № 1. С. 18–24.
29. Литвиненко С.П. Біотехнологічні процеси в харчовій промисловості. Київ: Видавництво КНЕУ, 2015. – 280 с.
30. Ліщинська І. Б. Мікробна біотехнологія./І.Б. Ліщинська, Б.М. Куриненко, В.І. Вершиніна. Казань: Уніпрес: ДАС, 2000. – 368 с.
31. Лозинський В.В. Технологія харчових продуктів: підручник. Київ: Вища школа, 2017. – 400 с.
32. Марченко І.Г. Перспективи використання сорго та кіноа як сировини для виробництва крохмалю. Харчові технології і інновації. 2023. № 2. С. 12–19.
33. Марченко І.Г., Сидоренко Т.В. Вплив біотехнологічних методів на якість крохмалю. Вісник харчової науки і технології. 2019. № 2. С. 55–63.
34. Мельник В.І., Гриценко І.М. Технологія виробництва крохмалю: традиційні та інноваційні підходи. Харчова промисловість України. 2019. № 6. С. 10–18.
35. Мікробіологія: Практикум: Навч. пос. для вузов. / Л.Г.Бранцевич, Л.Н.Лысенко и др. – Київ: Вища школа, 2007. – 200 с.
36. Мосін А.В. Екологічні аспекти сучасної біотехнології/В.А. Мосін. – Москва: Наука, 2004. – 354 с.
37. Никоненко С.І. Інновації в біотехнології харчових продуктів. Біотехнологія. 2020. № 2. С. 34–42.
38. Олійник В.С. Технологія крохмалю та продуктів його переробки. Харчова промисловість. 2017. № 5. С. 30–37.

39. Петров В.В. Сировинна база виробництва крохмалю: перспективи розвитку в Україні. Вісник аграрної науки. 2021. № 4. С. 38–44.
40. Пирог Т. П. Загальна мікробіологія: Підручник. / Т. П. Пирог. – Київ: НУХТ, 2004. – 472 с.
41. Пирог Т.П. Харчова Біотехнологія: підручник – Київ: Видавництво: Ліра-К, 2016. – 408с.
42. Пількевич Н.Б., Боярчук О.Д. Мікробіологія харчових продуктів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Луганськ: Альма-матер, 2008. – 152 с.
43. Пономарьов П.Х., Сирохман І.В. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини. Київ: Лібра. 1999. - 270с.
44. Продовольчі товари (лабораторний практикум)/ Н.В. Притульська, Г.Б. Рудавська, В.А. Колтунов та ін. – Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2007. – 505 с.
45. Редько О.О. Біотехнологія харчових продуктів: монографія. Київ: Видавництво «Наукова думка», 2015. – 320 с.
46. Рогова Л.М. Крохмаль: властивості, застосування та перспективи розвитку. Технології харчової промисловості. 2020. № 1. С. 45–53.
47. Розумний С.О. Біотехнологія в промисловому виробництві крохмалю. Біотехнологія. 2020. Т. 15, № 2. С. 45–54.
48. Романенко О.С., Бойко Л.М. Технологія виробництва крохмалю: сучасні підходи. Харчова наука і технологія. 2021. № 3. С. 22–29.
49. Романенко О.С., Ільченко І.М. Використання амаранту як альтернативного джерела крохмалю. Харчова наука і технологія. 2022. № 1. С. 29–36.
50. Романчук Т.І., Марченко О.М. Вплив мікрофлори на якість і безпеку крохмалю. Харчова наука і технологія. 2021. № 4. С. 25–32.
51. Савченко О.В., Іванова М.В. Сучасні методи діагностики мікробіологічних показників харчових продуктів. Біотехнологія. 2022. № 2. С. 48–55.

52. Сидоренко Т.В. Біотехнологія крохмалю та крохмалеподібних продуктів: монографія. Київ: Видавництво КНУТД, 2017. – 340 с.
53. Соломон А.М., Казмірук Н.М., Тузова С.Д. Мікробіологія харчових виробництв: навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Харчові технології». – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2020. – 312 с.
54. Федоренко С.В., Мартинюк І.В. Біотехнологія в харчовій промисловості: підручник. Київ: Наукова думка, 2020. – 368 с.
55. Флока Л.В. Біотехнологічні аспекти виробництва крохмалю з альтернативних рослин / Л.В. Флока, А.В. Банк // Матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні проблеми товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи». – Полтава : ПУЕТ, 2025. – С.128-131.
56. Флока Л.В. Біотехнологічні методи при виробництві модифікованих крохмалів / Л.В.Флока, М.І.Бутрименко // Актуальні питання розвитку науки та забезпечення якості освіти у XXI столітті: тези доповідей XLV міжнародної наукової студентської конференції за підсумками науково-дослідних робіт студентів за 2021 рік (м.Полтава, ПУЕТ, 13-14 квітня 2022 р.): у 2 ч. – Полтава: ПУЕТ, 2022 – Ч. 2. – С. 158-160.
57. Флока Л.В. Комплексна оцінка якості крохмалю вітчизняного виробництва / Л.В. Флока, А.В. Банк // «Актуальні питання розвитку науки та забезпечення якості освіти у XXI столітті»: тези доповідей XLVIII Міжнародної наукової студентської конференції за підсумками науково-дослідних робіт студентів за 2024 рік, до Дня науки в Україні та Міжнародного року кооперативів 2025 (м.Полтава, ПУЕТ, 10 квітня 2025 р.).– Полтава: ПУЕТ, 2025. – С.194-186.
58. Флока Л.В. Ринок крохмалю в Україні та оцінка його якості / Л.В.Флока, Г.О.Бірта, М.І.Бутрименко // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Формування та перспективи розвитку підприємницьких структур в рамках інтеграції до європейського простору». - Полтава: ПДАУ, 2022. – С.170-173.

59. Черниш О.В. Біотехнологія в харчовій індустрії: теорія і практика. Львів: Видавництво ЛНУ, 2017. – 310 с.
60. FAO. Biotechnology applications in starch manufacturing. Rome: FAO, 2020. – 38 p.
61. FAO. Global starch production and raw material resources. Rome: FAO, 2021. – 42 p.
62. FAO. World starch production and consumption reports. Rome: FAO, 2021. – 45 p.
63. Mitchell J.R. Food Biotechnology: Principles and Practices. Boca Raton: CRC Press, 2018. – 450 p.
64. National Food Safety Standards. Microbiological criteria for starch and starch products. Beijing: NFSS, 2020. – 38 p.
65. Reddy C.K., Satyanarayana T. Starch and starch-based products: Properties and applications. Food Science and Technology International. 2019. Vol. 25, Issue 1. P. 15–29.
66. Singh J., Kaur L., McCarthy O.J. Starch modification by enzymatic, physical and chemical methods: A review. Starch - Stärke. 2010. Vol. 62, Issue 8. P. 415–432.
67. Singh J., Kaur L., Sodhi N.S. Starch sources other than cereals and tubers: Potential and challenges. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020. Vol. 60, № 5. P. 837–851.
68. Singh R., Singh N. Microbiological quality and safety assessment of starch products: A review. Journal of Food Safety. 2023. Vol. 43, № 1. P. e12947.
69. Smith J., Johnson R. Global starch market trends and innovations. Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 54, Issue 2. P. 305–315.
70. WHO. Microbiological quality specifications for food starch products. Geneva: WHO, 2021. – 45 p.
71. Zeng Y., Li H., Chen S. Advances in starch-based biodegradable materials for food packaging applications. Journal of Food Science and Technology. 2020. Vol. 57, Issue 4. P. 1207–1215.

72. Zhang L., Wang Y. Innovations in starch processing technology: a review. Food Engineering Reviews. 2020. Vol. 12, Issue 1. P. 110–125.