

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

Факультет Харчових технологій та біотехнології

Кафедра Технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 181 Харчові технології

Освітньо-професійна програма «Технології зберігання, консервування та переробки м'яса»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

/підпис

Уляна ДРАЧУК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«12» грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти

Демчук Наталії Олександрівни

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема роботи: «Розробка технології м'ясних хлібів з використанням екстрактів водоростей»

керівник роботи: Сімонова Ірина Іллівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» 03. 2025 року №223-4

2. Строк подання здобувачем роботи 26.11.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи. Зробити огляд літератури згідно теми. Вибрати методи і методики досліджень, опрацювати їх. Виконати власні наукові дослідження, описати отримані результати досліджень.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, огляд літератури, матеріали та методи досліджень, результати власних досліджень, економічна ефективність, висновки, перелік використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу рисунки, діаграми, таблиці, технологічні схеми.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Вступ	доц. Сімонова І.І.	/підпис/	/підпис/
2. Огляд літератури	доц. Сімонова І.І.	/підпис/	/підпис/
3. Матеріали і методи досліджень	доц. Сімонова І.І.	/підпис/	/підпис/
4. Експериментальна частина	доц. Сімонова І.І.	/підпис/	/підпис/
5. Економічна ефективність	доц. Березівський Я.П.	/підпис/	/підпис/
6. Висновки та список використаних джерел	доц. Сімонова І.І.	/підпис/	/підпис/

7. Дата видачі завдання 26.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літератури		30%
	I атестація:	20.05.2025	30%
2.	Матеріали і методи досліджень		20%
3.	Експериментальна частина		35%
	II атестація:	30.09.2025	55%
4.	Розрахунок економічної ефективності виробництва		10%
5.	Висновки та пропозиції виробництву		5%
	III атестація:	26.11.2025	15%
	Допуск до захисту:	26.11.2025	100%

Здобувач _____ /підпис/ _____ **Наталія ДЕМЧУК**
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____ /підпис/ _____ **Ірина СІМОНОВА**
(підпис) (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технології м'ясних хлібів з використанням екстрактів водоростей, зокрема мікроводорості хлорели «VeganProd». У роботі обґрунтовано доцільність застосування нетрадиційної сировини тваринного (м'ясо нутрії, м'ясо кроля) та рослинного походження (борошно сочевиці, хлорела) для створення продуктів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Проведено огляд літератури щодо хімічного складу та властивостей водоростей, їхнього впливу на органолептичні та функціонально-технологічні показники м'ясних виробів.

У експериментальній частині досліджено вплив спиртового екстракту хлорели на фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники м'ясних хлібів. Розроблено оптимальну рецептуру виробів та визначено їхню економічну ефективність. Розрахунки показали, що собівартість виробництва експериментального зразка є нижчою порівняно з контролем, а рівень рентабельності становить 24,7%.

Отримані результати підтверджують перспективність використання екстрактів водоростей у технології м'ясних виробів для створення продуктів функціонального призначення з підвищеною біологічною цінністю та конкурентоспроможністю на ринку.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	6
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Вплив мікрводоростей на організм людини: корисні властивості <i>Chlorella</i> та <i>Spirulina</i>	8
1.2. Біоактивний потенціал мікро- та макрводоростей та перспективи їх використання у харчовій та суміжних галузях	10
1.3. М'ясні хліби: особливості виробництва, харчова цінність	13
1.4. Характеристика інноваційної сировини для виробництва м'ясних хлібів	15
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
3.1. Органолептична характеристика водорості хлорела і екстрактів, отриманих з неї	28
3.2. Дослідження вмісту мінеральних речовин у отриманих спиртових екстрактах водоростей	30
3.3. Рецептатура і технологія м'ясного хліба з використанням спиртового екстракту водорості хлорела	35
3.4. Дослідження функціонально-технологічних властивостей фаршу	40
3.5. Дослідження фізико-хімічних показників м'ясних хлібів	44
3.6. Дослідження кількості макроелементів у м'ясних хлібах з використанням екстрактів хлорели	46
3.7. Дослідження органолептичних показників м'ясних хлібів	49
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	52
ВИСНОВКИ	55
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

У сучасному світі, де інтенсивно розвиваються науково-технічний прогрес та глобалізаційні процеси, харчова промисловість постає перед завданням не лише забезпечення населення продуктами харчування, а й удосконалення їхнього складу для підвищення біологічної цінності та оздоровчих властивостей. Зміни способу життя та харчових звичок населення призводять до збільшення попиту на функціональні харчові продукти, які, окрім основного призначення — насичення організму поживними речовинами, — виконують профілактичні та оздоровчі функції. Особливої актуальності набувають продукти, що збагачені натуральними біологічно активними сполуками рослинного та мікробного походження.

Одним із перспективних напрямів розвитку є використання водоростей як джерела цінних нутрієнтів. Мікроводорості, зокрема *Chlorella vulgaris*, відзначаються високим вмістом білків, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, вітамінів та мінералів, що зумовлює їхню популярність у виробництві функціональних харчових продуктів. Завдяки унікальному хімічному складу хлорела позитивно впливає на організм людини: підвищує імунітет, сприяє виведенню токсинів, регулює рівень холестерину та має антиоксидантну дію.

М'ясні хліби, як різновид варених ковбас без оболонки, є перспективним об'єктом для удосконалення рецептури за рахунок введення біоактивних добавок. Традиційно їх виготовляють із подрібненої м'ясної сировини з додаванням спецій, прянощів, наповнювачів та термічним обробленням у формах. Проте використання нових видів сировини тваринного та рослинного походження дає змогу підвищити харчову цінність, поліпшити органолептичні властивості та розширити асортимент продукції.

У цьому контексті особливого значення набуває застосування м'яса нетрадиційних видів тварин, таких як нутрія та кролів. М'ясо нутрії характеризується високим вмістом повноцінних білків, збалансованим амінокислотним складом, низьким вмістом жиру та добрими органолептичними

властивостями. Воно належить до дієтичних продуктів та відзначається високою засвоюваністю. М'ясо кролів, у свою чергу, є джерелом легкозасвоюваного білка, мінеральних речовин та вітамінів групи В, що також робить його цінним інгредієнтом для комбінованих м'ясних продуктів.

Використання хлорели у вигляді спиртового екстракту дає змогу оптимально поєднати переваги м'ясної та рослинної сировини, створивши продукт із підвищеними оздоровчими властивостями та привабливими органолептичними показниками. Однак впровадження екстракту мікроводоростей у рецептуру вимагає ретельного дослідження впливу на фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики виробів, їхню стійкість під час зберігання, а також обґрунтування економічної ефективності виробництва.

Актуальність даної роботи полягає у пошуку нових способів підвищення харчової цінності та функціональних властивостей м'ясних виробів шляхом використання біоактивних компонентів природного походження, а також у науковому обґрунтуванні доцільності застосування м'яса нутрії, кролятини та екстракту хлорели у виробництві м'ясних хлібів.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Вплив мікробіодоростей на організм людини: корисні властивості *Chlorella* та *Spirulina*

У сучасних умовах розвитку промисловості та забруднення довкілля проблема забезпечення населення натуральними, безпечними та функціонально цінними харчовими продуктами набуває особливої актуальності. Мікробіодорості, зокрема *Chlorella* (хлорела) та *Arthrospira (Spirulina)*, привертають значну увагу науковців і виробників як джерело біоактивних сполук, що здатні позитивно впливати на фізіологічні функції організму людини. Їх унікальний хімічний склад та широкий спектр фармакологічних властивостей обумовлюють перспективи використання у нутрицевтиках, дієтичних добавках, фармацевтичних препаратах та функціональних харчових продуктах.

Харчова та біологічна цінність *Chlorella*

Chlorella є одноклітинною зеленуводорістю (Chlorophyta), яка відзначається високим вмістом білка (40–55% сухої маси) з оптимальним амінокислотним складом, що включає понад 40 амінокислот, серед яких незамінні. Також вона містить 35% вуглеводів, 5–10% ліпідів та до 10% мінеральних речовин [1]. Крім того, хлорела є багатим джерелом вітамінів (В1, В2, В6, В12, пантотенова кислота, каротин, біотин, інозит) та мікроелементів (залізо, магній, цинк).

Унікальним компонентом є «фактор росту хлорели» (*Chlorella Growth Factor*), що сприяє відновленню тканин та стимуляції клітинної регенерації. Це дозволяє використовувати хлорелу як допоміжний засіб при відновленні після неврологічних захворювань, травм та стресових станів. Завдяки детоксикаційним властивостям хлорела допомагає виводити з організму токсини та важкі метали, нормалізує функцію шлунково-кишкового тракту та підтримує імунну систему.

Порівняльна характеристика *Chlorella* та *Spirulina*

Показник	<i>Chlorella</i>	<i>Spirulina</i>
Класифікація	Зелені водорості (Chlorophyta)	Ціанобактерії (Cyanobacteria)
Вміст білка (%)	40–55	60–70
Амінокислотний склад	40+ амінокислот, всі незамінні	Багатий на незамінні амінокислоти
Ліпіди (%)	5–10	6–8
Вуглеводи (%)	35	15–20
Вітаміни	В1, В2, В6, В12, каротин, біотин, інозит	В1, В2, В3, Е, β-каротин
Мінерали	Залізо, магній, цинк	Кальцій, магній, залізо
Особливі сполуки	Хлорофіл, фактор росту хлорели	Фікоціанін, γ-ліноленова кислота
Основні властивості	Детоксикація, регенерація, імуностимуляція	Антиоксидантна, гіполіпідемічна дія
Побічні ефекти	Діарея, мігрені при надлишковому споживанні	Алергії, ниркові патології, аутоімунні реакції

Фармакологічні властивості *Spirulina*

Spirulina належить до ціанобактерій (Cyanobacteria) та відзначається ще вищим вмістом білка (до 60–70% сухої маси). Ця водорість є джерелом фікоціаніну, бета-каротину, вітамінів групи В, Е та поліненасичених жирних кислот, зокрема γ-ліноленової кислоти. Завдяки високій антиоксидантній активності спіруліна здатна ефективно нейтралізувати вільні радикали та запобігати окислювальному стресу.

Наукові дослідження підтверджують ефективність спіруліни у зниженні рівня загального холестерину, тригліцеридів та ліпопротеїнів низької щільності. Наприклад, за результатами дослідження, щоденне споживання 1 г спіруліни протягом 4 місяців знижувало рівень холестерину на 16%. Крім того, вона сприяє підвищенню рівня гемоглобіну у недоїдаючих дітей та зміцненню імунної системи.

Незважаючи на численні переваги, обидві водорості мають певні протипоказання. Надмірне вживання хлорели може спричиняти діарею, головний біль та болі у суглобах. Спіруліна протипоказана людям з аутоімунними захворюваннями, алергією на йод та морепродукти, а також при захворюваннях нирок та тромбозах.

Послідовне використання *Chlorella* та *Spirulina* може забезпечити синергічний ефект: спершу хлорела сприяє очищенню організму та відновленню мікрофлори кишечника, а спіруліна забезпечує насичення організму білками, антиоксидантами та іншими біоактивними речовинами для комплексної підтримки здоров'я.

1.2. Біоактивний потенціал мікро- та макроводоростей та перспективи їх використання у харчовій та суміжних галузях

Сучасна харчова, фармацевтична та косметична промисловість перебуває у пошуках нових, безпечних та екологічно чистих джерел біоактивних сполук, що здатні задовольнити потреби споживачів у натуральних інгредієнтах. У цьому контексті мікро- та макроводорості привертають увагу як перспективні сировинні ресурси завдяки своїй унікальній біохімічній композиції та широкому спектру функціональних властивостей.

Макроводорості, або морські водорості, містять значну кількість біологічно активних речовин, включаючи поліфеноли, пігменти (каротиноїди, хлорофіли, фікобіліпротеїни), вітаміни (А, С, Е, групи В), мінерали, білки та полісахариди. Завдяки такому складу вони знаходять застосування у виробництві харчових добавок, косметичних засобів, а також в нутрицевтичній галузі [2]. Крім того, макроводорості є джерелом сульфатованих полісахаридів (наприклад, агар, альгірати, карагенани), що широко використовуються як текстурувальні агенти та стабілізатори в харчових продуктах.

Одним із ключових чинників, що впливають на біохімічний склад макроводоростей, є температура середовища, освітлення, солоність та рівень УФ-випромінювання. За даними Vahtmäe та співавт. [3], концентрація каротиноїдів у *Ulva intestinalis* (Chlorophyta) досягає 162,0 г·г⁻¹ сухої ваги. Найвищий загальний вміст каротиноїдів був зафіксований у зелених

(Chlorophyta) та червоних (Rhodophyta) водоростях у порівнянні з бурими (Ochrophyta, Phaeophyceae) [4]. Проте інші дослідження вказують на високу концентрацію каротиноїдів у бурих водоростях, таких як *Laminaria* та *Fucus* spp., що підкреслює значний вплив морфологічних та екологічних факторів на пігментний профіль [5].

Особливу увагу приділяють антиоксидантному потенціалу водоростей, що пов'язано з наявністю поліфенолів, фукоксантину та інших пігментів. Поліфеноли є головними компонентами, відповідальними за антиоксидантну активність, яка може варіювати залежно від умов середовища — рівня поживних речовин, солоності та УФ-експозиції [6-8]. Така активність є надзвичайно важливою для створення функціональних харчових продуктів із потенціалом зменшувати окислювальні процеси в організмі людини.

Водночас макроводорості здатні до біоаккумуляції забруднюючих речовин, таких як важкі метали, пестициди та діоксини, що може обмежувати їх використання у харчовій промисловості без попередньої очистки [9-13]. Дослідження щодо екстрактів макроводоростей Балтійського моря (*Furcellaria lumbricalis*, *Cladophora rupestris*, *Ulva intestinalis*) демонструють перспективи їхньої обробки для зниження рівня забруднень та посилення антиоксидантних і антимікробних властивостей.

Мікроводорості також є об'єктом пильної уваги науковців та виробників завдяки високій швидкості росту, багатому хімічному складу та здатності до біосинтезу цінних речовин. *Chlorella vulgaris* та *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) є добре відомими джерелами білків, поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), вітамінів та пігментів [14]. На відміну від макроводоростей, мікроводорості мають більш керовані умови культивування, проте їх масштабне застосування стримується недостатнім рівнем розвитку технологій.

Незважаючи на це, кілька видів мікроводоростей вже отримали статус GRAS (Generally Recognized As Safe) від FDA, серед яких *Arthrospira platensis*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, *Euglena gracilis* та ін. [15]. Це відкриває шлях до їхнього використання у виробництві харчових добавок, кормів, нутрицевтиків

та навіть у фармацевтичній продукції. Важливою характеристикою при оцінці екстрактів мікроводоростей є їх антимікробна активність, яка може стати ключовим фактором для впровадження у промислових масштабах.

Таким чином, мікро- та макроводорості є перспективними джерелами біоактивних сполук, що можуть відігравати важливу роль у створенні нових продуктів харчування, добавок та засобів для здоров'я. Проте для їх широкого використання необхідно подолати низку бар'єрів, пов'язаних із забрудненням біомаси та технологічними обмеженнями у процесах обробки та екстракції.

Результати досліджень [16] свідчать, що процес екстракції є ефективним методом деконтамінації мікро- та макроводоростей від токсичних металів. Водночас варто зазначити, що під час екстракційних процедур може спостерігатися часткова втрата деяких цінних мікроелементів, що необхідно враховувати при розробці технологій їх обробки. Завдяки своєму унікальному хімічному складу та біологічним властивостям, таким як антимікробна та антиоксидантна активність, а також високому вмісту мікро- та макроелементів, екстракти водоростей демонструють великий потенціал для використання у виробництві харчових продуктів, кормових добавок, нутрицевтиків, фармацевтичних засобів та інших препаратів.

1.3. М'ясні хліби: особливості виробництва, харчова цінність

В умовах зростання обсягів виробництва продовольства та трансформації економічних відносин сучасна харчова промисловість стикається з необхідністю розширення асортименту та вдосконалення технологій створення нових видів харчових продуктів. Особлива увага приділяється використанню нетрадиційних видів сировини, зокрема рибної, у складі комбінованих м'ясомістких продуктів, що раніше не були характерними для м'ясної та м'ясопереробної галузей [17].

Одним із перспективних продуктів у цій категорії є м'ясні хліби – делікатеси, що стали популярними на фоні зростання доходів населення та підвищеного попиту на більш дорогі м'ясні вироби.

М'ясні хліби є різновидом варених ковбас, що виготовляються без оболонки. Технологічно це вироби з ковбасного фаршу, які запікають у металевих формах, надаючи їм вигляду буханця хліба. У готовому продукті вміст вологи коливається в межах 60–70%, а вихід становить 103–114% від маси несолоної сировини. Виробляють м'ясні хліби вищого, першого та другого сортів, масою до 3 кг [18].

Цей вид продуктів має європейське походження, а перші згадки про нього зустрічаються ще у римських кулінарних манускриптах Аріціус V століття. Нині м'ясні хліби є традиційними стравами у Німеччині, Бельгії, а також у національних кухнях понад 20 країн світу, включаючи Італію, Грецію, Філіппіни та В'єтнам.

Основою для виробництва м'ясних хлібів є подрібнене м'ясо або фарш, яке може включати свинину, яловичину, телятину, м'ясо птиці чи навіть дичину. Для поліпшення органолептичних властивостей до складу фаршу додають яйця, хлібобулочні вироби, розмочені у молоці, воді або вині, а також овочі – цибулю, моркву, стручкову квасолю, гриби та інші.

Відсутність оболонки дозволяє споживачу оцінити зовнішній вигляд та консистенцію продукту на розрізі, а запікання формує захисну кірочку, яка

перешкоджає висиханню та псуванню виробу. Готові м'ясні хліби пакують у пергамент або целофан з нанесенням маркування.

М'ясні хліби є джерелом повноцінних тваринних білків, жирів, мінеральних речовин та вітамінів. Білки м'ясної сировини містять усі незамінні амінокислоти, що робить їх необхідними для побудови тканин організму та підтримки життєдіяльності. Внесення до складу рибної сировини додатково збагачує продукт поліненасиченими жирними кислотами, мікроелементами та сприяє покращенню функціонально-технологічних властивостей фаршу.

Виробництво м'ясних хлібів можна розглядати як один із методів консервування м'яса, що дозволяє зберігати всі корисні компоненти та подовжити терміни зберігання продукції. У порівнянні з традиційними вареними ковбасами м'ясні хліби мають менший вміст вологи, щільнішу текстуру та специфічний присмак, обумовлений запіканням [19].

Основною сировиною м'ясного хліба може бути практично будь-який вид м'яса: свинина, яловичина, телятина, баранина, оленина, м'ясо птиці. Удосконалення технології м'ясних хлібів протягом тривалого часу здійснювалось у напрямку запровадження нових рецептур із використанням нетрадиційної сировини тваринного (м'ясо нутрії, м'ясо кролів, м'ясо курянини) і рослинного походження (мікрородості хлорелли борошна сочевиці,). Завдяки чому асортимент м'ясних хлібів можна значно урізноманітнити, розширити діапазон їх цінової пропозиції, а самі вироби в більшій мірі набувають характеристики комбінованого продукту [20]

Використання мікрородостей у продуктах харчування є досить ефективним, оскільки вони є альтернативним джерелом мікро- та макроелементів, край необхідних для здоров'я людини. У Японії хлореллу додають у хліб, кондитерські вироби та морозиво для збагачення продуктів поживними речовинами. Хлорелла в порошок багата білком (60,5%), жиром (11%), вуглеводами (20,1%), харчовими волокнами, вітамінами і мінералами, містить пігменти (хлорофіл), токоферол і активний компонент, що проявляє протимікробну і антиоксидантну дію [21].

У зв'язку з цим питання, пов'язані з вивченням можливості використання водоростей і екстрактів водоростей у м'ясних хлібах, і удосконаленням технології є актуальним [1].

1.4. Характеристика інноваційної сировини для виробництва м'ясних хлібів

У контексті пошуку нових джерел високоякісної тваринної сировини для харчової промисловості м'ясо нутрії розглядається як перспективний продукт із високими органолептичними та поживними властивостями. Воно характеризується тонковолокнистою структурою, ніжною консистенцією, вираженим ароматом і соковитістю, що робить його придатним для виробництва дієтичних та делікатесних продуктів [22].

Після забою та знімання шкурки тушкою нутрії вважають частину тіла без голови, хвоста, внутрішніх органів (за винятком печінки, нирок і серця) та кінцівок по скакальні й зап'ястні суглоби. Важливим етапом є видалення залоз, розташованих під шкірою в ділянці 4-го шийного та 6-го грудного хребців (розміром близько 2×5 см), щоб уникнути появи специфічного присмаку м'яса.

Вихід м'яса залежить від віку, статі та вгодованості тварини: у дорослих самців він становить 55–60% від живої маси, у самок — 51–54%, а у молодняка — 46–48%. Додатково печінка, нирки та серце становлять близько 4,5% від живої маси. З однієї дорослої особини вагою 6–8 кг можна отримати від 3,2 до 4,3 кг м'яса (у середньому 2,5–3,5 кг) [23].

Розподіл м'язової тканини у тушці є нерівномірним: найбільша її частка знаходиться у задній (30%) та спинній (21%) частинах, тоді як грудна та черевна частини складають 17%, передні ноги — 13%, шия й голова — 19%. Частка кісток у тушці нутрії (разом із головою) становить 10–12% маси, що менше порівняно з великою рогатою худобою (20%) та свинями (18%).

М'ясо нутрій відзначається характерним запахом, а підшкірний і внутрішній жир має білий колір із кремовим відтінком. Серозна оболонка черевної порожнини блискуча, що свідчить про свіжість продукту. На відміну від кролятини, воно має інтенсивніше червоне забарвлення завдяки високому вмісту міоглобіну (800–1000 мг%). М'язи пружні й щільні; при натисканні пальцем ямка швидко відновлюється.

Термін зберігання охолодженого м'яса нутрії складає не більше 5 діб, остиглого — до 2 діб, а замороженого — до 2 місяців.

М'ясо нутрій належить до дієтичних продуктів завдяки помірній калорійності (150–200 ккал/100 г), яка залежить від вгодованості тварин та вмісту жиру. Частка повноцінних білків у м'ясі складає 80–82%, а за вмістом незамінних амінокислот (зокрема триптофану, лізину, треоніну, фенілаланіну) воно є рівноцінним яловичині та курятині й навіть перевищує їх оптимальні рівні.

Жир нутрій має низьку температуру плавлення (18–20°C), що забезпечує його високу засвоюваність (89–93%) та сприяє використанню в харчових продуктах для різних вікових груп. Дорослі нутрії можуть накопичувати до 18% підшкірного та внутрішнього жиру від власної маси (400–600 г на тушку). Високе йодне число цього жиру вказує на значний вміст життєво необхідних ненасичених жирних кислот. Для м'яса нутрій характерна мармуровість – рівномірний розподіл жиру серед тонких м'язових волокон, що покращує його смакові та технологічні властивості.

У багатьох країнах світу нутрій переважно розводять заради отримання високоякісного хутра, а м'ясо цих тварин вважається побічним продуктом. Проте в умовах зростаючого інтересу споживачів до нетрадиційних та екзотичних видів харчової сировини м'ясо нутрії набуває популярності як делікатес. Воно вирізняється високою харчовою цінністю завдяки значному вмісту повноцінних білків (80–82%) та збалансованому амінокислотному складу. За кількісним та якісним показниками незамінних амінокислот м'ясо нутрії є рівноцінним яловичині та курятині. Крім того, воно містить значну кількість екстрактивних

речовин небілкової природи, які формують характерний смак і аромат продукції. М'ясо нутрії також є джерелом важливих мікроелементів, таких як залізо, цинк, мідь та селен.

Подібно до нутрії, м'ясо кролів широко використовується у технології різноманітних м'ясних продуктів завдяки своїм відмінним харчовим характеристикам. Воно цінується за високий вміст білків (21,5%), що перевищує відповідні показники м'яса курятини (20,0%) та яловичини (20,6%). Важливо відзначити, що білки кролятини відзначаються високою засвоюваністю — до 90%, тоді як засвоюваність білків яловичини сягає лише близько 60%. За вмістом мінеральних речовин м'ясо нутрії та кролятини є порівнянними — відповідно 1,1% та 1,2%. Кролятина також багата на вітаміни групи В (В6, В12), а також РР, значні концентрації заліза, фосфору та кобальту, при цьому вона містить марганець, фтор та калій у достатніх кількостях [24, 25].

Таблиця 1.2

Хімічний склад м'яса нутрій в порівнянні з іншими видами м'яса

Показники	М'ясо нутрій	М'ясо кроля	М'ясо яловичини	М'ясо курятини
Вода, %	67,0-83,0	69,3	72,7	72,8
Білок, %	20,8	21,5	20,6	20,0
Жир, %	4,0-10,0	6,0-12,0	5,5	5,1
Мінеральні речовини, %	1,1	1,2	1,2	1,1
Калорійність, ккал	156-213	198	170	166

Таблиця 1.2 демонструє порівняння основних показників хімічного складу м'яса нутрій із аналогічними показниками м'яса кролів, яловичини та курятини. Аналіз проводився за такими критеріями, як вміст води, білків, жирів, мінеральних речовин та енергетична цінність, що дозволяє оцінити потенційні переваги та недоліки кожного виду сировини у контексті їхнього використання в харчовій промисловості та раціонах харчування.

М'ясо нутрій характеризується значним діапазоном вологості — від 67,0 до 83,0%, що обумовлено індивідуальними особливостями тварин, їх віком, статтю та ступенем вгодованості. Порівняно з іншими видами м'яса, вміст води

у кролятині (69,3%), яловичині (72,7%) та курятині (72,8%) є більш стабільним і демонструє меншу варіативність. Це свідчить про більшу стандартизованість виробничих процесів для традиційних видів сировини та потенційно вищу прогнозованість їх технологічних властивостей.

За білковою цінністю м'ясо нутрій (20,8%) займає проміжне положення серед досліджуваних видів. Найвищий вміст білка зафіксовано в м'ясі кроля (21,5%), що перевищує показники яловичини (20,6%) та курятини (20,0%). Варто зазначити, що білки нутрії мають повноцінний амінокислотний склад, включаючи всі незамінні амінокислоти, що робить його цінним компонентом дієтичного харчування.

М'ясо нутрій характеризується досить широким діапазоном вмісту жиру (4,0–10,0%), що є наслідком впливу умов утримання та відгодівлі. Порівняно, вміст жиру у кролятині варіює від 6,0 до 12,0%, у яловичині становить 5,5%, а в курятині — 5,1%. Завдяки низькому вмісту жиру м'ясо нутрій може розглядатися як складова раціонів зі зниженою калорійністю та використанням у лікувально-профілактичному харчуванні.

Показник вмісту мінеральних речовин у м'ясі нутрій (1,1%) є подібним до значення для курятини (1,1%) та дещо нижчим порівняно з кролятиною й яловичиною (1,2%). Такий склад свідчить про наявність необхідних макро- та мікроелементів, серед яких особливе значення мають залізо, цинк, мідь і селен.

Енергетична цінність м'яса нутрій коливається у межах 156–213 ккал/100 г залежно від вмісту жиру. У середньому калорійність м'яса нутрій є дещо нижчою порівняно з кролятиною (198 ккал) та близькою до яловичини (170 ккал) і курятини (166 ккал). Це свідчить про можливість використання м'яса нутрій у раціонах людей, які потребують дієтичного харчування з обмеженим енергоспоживанням.

У сучасних технологіях виробництва м'ясних продуктів широко застосовується рослинна сировина. Зернобобові культури, зокрема сочевиця, за своїм хімічним складом та харчовою цінністю найбільш наближені до білків тваринного походження — м'яса, риби та молока. Це обумовлено високим

вмістом легко засвоюваного білка та незамінних амінокислот, таких як лізин і метіонін. Зростання інтересу до використання рослинних білків у харчовій промисловості пояснюється активним розвитком науково-технічного прогресу у сфері виробництва продуктів харчування та новими підходами до інтенсифікації процесів отримання харчових інгредієнтів із вторинних ресурсів переробної промисловості аграрного сектору.

Нині одним із актуальних напрямів є пошук джерел високоефективного та безпечного рослинного білка, де особливе місце посідає сочевиця. Ця культура вирізняється високим вмістом водо- та солерозчинних білкових фракцій, а також значною кількістю вільних амінокислот. До її складу входять глютамінова та аспарагінова кислоти, а також підвищений рівень тирозину. За амінокислотним профілем сочевиця практично не поступається сої, а за вмістом деяких незамінних амінокислот — таких як валін, ізолейцин та аргінін — навіть перевершує її [26, 27].

Таблиця 1.3

Масова частка компонентів в складі зерен

Назва культури	Масова частка компонентів в складі зерен				
	Білок, %	Жир, %	Вуглеводи, %	Клітковина, %	Зола, %
Соя	35-40	22-24,3	30-32	2,9-11	4,5-6,8
Квасоля	17-32	3,5-5,0	53-72	5,0-7,1	2,5-4,6
Горох	20-36	0,8-2,1	55-75	3,0-6,0	2,0-3,1
Сочевиця	32,6-33,8	3,8-4,6	60,0- 62,8	2,4-4,9	2,0-4,4

Таблиця 1.3 ілюструє масову частку основних компонентів у складі зерен чотирьох популярних зернобобових культур — сої, квасолі, гороху та сочевиці. Представлені показники включають вміст білків, жирів, вуглеводів, клітковини та золи, що дозволяє оцінити їх харчову цінність та функціонально-технологічний потенціал у харчовій промисловості.

Серед досліджуваних культур соя демонструє найвищий вміст білка — від 35 до 40%. Це робить її провідним джерелом рослинного білка, який за якістю

близький до білків тваринного походження. Сочевиця також має високий білковий вміст (32,6–33,8%), що незначно поступається сої. Горох і квасоля відрізняються більшою варіативністю показників (20–36% та 17–32% відповідно), що залежить від сорту та умов вирощування. Високий рівень білка у сочевиці та горосі робить їх важливими компонентами для формування білкової складової у комбінованих продуктах харчування.

Соя також лідирує за вмістом жиру (22,0–24,3%), що відзначає її як важливе джерело рослинних олій. У решти культур показники значно нижчі: сочевиця — 3,8–4,6%, квасоля — 3,5–5,0%, а горох має найнижчий рівень жиру (0,8–2,1%). Такий склад обумовлює технологічні особливості їх застосування: соя підходить для отримання олії та білково-жирових емульсій, тоді як інші культури — для продуктів із низьким вмістом жиру.

За вмістом вуглеводів горох (55–75%) та квасоля (53–72%) переважають інші культури, що свідчить про їхній потенціал як джерела енергії. Сочевиця має дещо нижчий, але також високий показник (60,0–62,8%). У сої вміст вуглеводів значно нижчий (30–32%) через підвищену частку білка та жиру. Це відображає баланс макронутрієнтів у сої, яка більшою мірою слугує білково-жировим інгредієнтом, ніж джерелом вуглеводів.

Найвищий рівень клітковини відзначено у квасолі (5,0–7,1%), що робить її корисною для формування функціональних харчових продуктів з підвищеним вмістом харчових волокон. Горох та соя мають нижчий, але порівнянний рівень (3,0–6,0% та 2,9–11% відповідно). Сочевиця характеризується мінімальними показниками (2,4–4,9%), проте цього достатньо для забезпечення частини добової потреби у харчових волокнах.

Зольність, яка відображає концентрацію мінеральних речовин, найвища у сої (4,5–6,8%), що вказує на її багатий мікроелементний склад. Інші культури мають нижчі, але близькі значення: квасоля — 2,5–4,6%, сочевиця — 2,0–4,4%, горох — 2,0–3,1%. Це свідчить про їхній внесок у мінеральне забезпечення харчових продуктів.

Порівняльний аналіз показує, що всі представлені зернобобові культури є цінними джерелами білка, харчових волокон та мінеральних речовин. Соя лідирує за вмістом білка, жиру та золи, що робить її універсальним інгредієнтом для виробництва білкових концентратів та олії. Сочевиця є перспективною завдяки високому вмісту білка та збалансованому амінокислотному складу. Горох та квасоля, зі свого боку, вирізняються високим вмістом вуглеводів та клітковини, що дозволяє використовувати їх у рецептурах харчових продуктів функціонального призначення.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є розробка технології м'ясних хлібів з використанням нетрадиційної сировини та екстрактами мікродорості хлорелли «VeganProd», що використовується у якості джерела збагачення виробів мінеральними речовинами.

Об'єкт досліджень - вплив спиртового екстракту хлорели на показники якості м'ясних хлібів.

Предмет досліджень є процес виробництва м'ясних хлібів

Завдання:

1. Дослідити органолептичні властивості сухого порошку хлорели та отриманих з неї водного й спиртового екстрактів.

2. Розробити технологію виробництва м'ясних хлібів із додаванням спиртового екстракту хлорели.

3. Вивчити функціонально-технологічні властивості м'ясних хлібів контрольного та дослідних зразків.

4. Оцінити фізико-хімічні та органолептичні показники готових м'ясних хлібів.

Отримання екстракту мікродорості хлорелли «VeganProd» відібрали 5 г зразка водоростей і екстрагували 100 мл розчину етанолу/води (70:30, об'ємні частки) шляхом інкубації при кімнатній температурі протягом ночі з перемішуванням. Після цього екстракти центрифугували при 3500 об/хв протягом 10 хв за температури 4 °C та фільтрували через фільтрувальний папір. Етанол із розчинів екстрактів видаляли за допомогою ротаційного випарювання. Концентрат зважували. Кожен процес екстракції проводили у двох повтореннях. Отриманий маточний розчин використовували для введення у рецептуру м'ясних хлібів.

Вибір даної сировини базувався на характеристиках та хімічному складі м'яса нутрії, кролів, а також доступності даної сировини та розширення шляхів реалізації м'яса, зокрема нутрії. В якості контролю взято м'ясний хліб з м'ясом

нутрії 55% і кроля 40 %, а також хлореллу «VeganProd», що входила до складу контролю у вигляді порошка, розчиненого у воді у кількості 3% на 100 кг, оскільки виробник рекомендує застосування мікродорості у продуктах харчування у кількостях від 3 до 15 %. Та борошном сочевиці, використаним у кількості 2 %.

Технологія виробництва м'ясного хліба контрольного зразка:

Для виготовлення м'ясних хлібів подрібнену у кутері м'ясну сировину перемішували у мішалці. До фаршу додавали борошно з сочевиці, подрібнене до розміру частинок 0,2–0,4 мм, а також порошок хлорели. Готову м'ясну масу порційно викладали у форми за допомогою вакуумного шприца, при цьому маса фаршу в кожній формі становила 2,0–2,5 кг.

Поверхню фаршу у формах вирівнювали для забезпечення рівномірного запікання. Після формування м'ясні хліби випікали у конвеєрних печах, попередньо нагрітих до температури 130–150 °С: спочатку при температурі 160 °С протягом 80 хвилин, а потім при 110 °С протягом 70 хвилин до досягнення температури у центрі хліба 70 ± 1 °С.

Після закінчення випікання м'ясні хліби виймали з форм і залишали на столах для охолодження за температури, що не перевищувала 4 °С, до досягнення внутрішньої температури у товщі виробу 0–15 °С. Охолоджені вироби пакували та відправляли на зберігання за температури 0–8 °С не більше ніж на 48 годин з моменту завершення технологічного процесу.

При проведенні досліджень були використані наступні методи та методики:

Визначення вмісту вологи – проводили шляхом висушування наважки до постійної маси при температурі 105 °С в сушильній шафі.

Визначення рН проводили згідно із загально прийнятою методикою. Величину рН визначав у водяній витяжці, приготовленій у співвідношенні 1:10. Для цього відбирав 10 г фаршу чи подрібненого продукту в конічну колбу місткістю 250 мл, заливав його 100 мл дистильованої води і проводив 30-хвилинну екстракцію при періодичному перемішуванні. Після закінчення

екстрагування відфільтровував екстракт через паперовий фільтр і визначав у фільтраті рН.

Перед кожним вимірюванням робочі електроди рН-метра промивав дистильованою водою, а залишок води на їх поверхні висушував фільтрувальним папером. По закінченню дослідів електроди занурював у дистильовану воду.

Метод заснований на вимірюванні електрорушійної сили елемента, який складається з електроду порівняння з відомою величиною потенціалу та індикаторного (скляного) електроду, потенціал якого обумовлений концентрацією іонів водню в досліджуваному розчині.

Наявність білкових речовин в продукті визначається за кількістю білкового азоту, який знаходиться за різницею між кількістю загального і небілкового азоту.

Метод визначення азоту (метод К'ельдаля) базується на мінералізації органічних сполук і визначенні азоту за кількістю утвореного аміаку.

Мінералізацію проводять нагріванням наважки з концентрованою сірчаною кислотою в присутності сульфатно-мідної суміші. Утворений аміак вступає в реакцію з надлишком концентрованої сірчаної кислоти і утворює сульфат амонію. Для визначення аміаку сульфат амонію розкладають концентрований гідроксид натрію. Утворений аміак поглинається розчином сірчаної кислоти при титруванні. Надлишок сірчаної кислоти відтитровують гідроксидом натрію і за кількістю зв'язаної кислоти вираховують кількість поглинутого аміаку або відповідну йому кількість азоту.

Визначення вмісту жиру здійснено методом Сокслета проводили в апараті Сокслета розчином дихлоретана спрощеним методом. Кількість жиру визначали по різниці між масою гільзи і матеріалом до і після екстракції.

Цей метод ґрунтується на багаторазовій екстракції жиру з висушеної наважки леткими розчинниками з наступним вилученням розчинника та висушуванням жиру до постійної маси.

Наважку, що залишилася після вилучення вологи, ретельно змішуємо у бюксі з 3 г очищеного піску, після чого переносимо її у паперову гільзу. Скляну

бюксу протираємо сухою гігроскопічною ватою, змоченою в етиловому ефірі, потім поміщаємо в екстракційну гільзу, край якої загинаємо усередину так, щоб наважка була закрита. Гільзу з наважкою зважуємо на аналітичних вагах і переносимо в екстрактор апарату Сокслета.

Кількість жиру визначав за формулою 2.1:

$$X = ((m_1 - m) / m_0) \times 100 \%, \text{ де} \quad (2.1)$$

де X – вміст жиру, %;

m_1 – маса гільзи з матеріалом до екстрагування, г;

m – маса гільзи з матеріалом після екстрагування, г;

m_0 – маса наважки продукту до висушування, г.

Для визначення вмісту мінеральних речовин органічну частину продукту спалюємо при температурі 600-800 °С у тиглі, який попередньо прожарюємо у муфельній печі протягом 1 год. Потім охолоджуємо в ексикаторі і зважуємо. Тигель прожарюємо доти, доки він не досягає постійної маси (різниця між 2-ма зважуваннями повинна бути не більшою 0,0002 г).

У прокалений до постійної маси тигель поміщуємо наважку продукту (3-5г), зваженого з точністю до 0,0002 г і ставимо у муфельну піч.

Для запобігання втрат продукту спалюємо спочатку при слабкому нагріванні поступово збільшуючи температуру. Тривалість озолення – 1-2 год. Після цього тигель охолоджуємо в ексикаторі, зважуємо і знову прожарюємо протягом 30 хв.

Вміст золи розраховував за формулою 2.2:

$$X = (m_2 - m) / (m_1 - m) \times 100, \quad (2.2)$$

де X – вміст золи, %;

m_1 – маса тигля з наважкою, г;

m_2 – маса тигля із золою, г;

m – маса тигля, г.

Визначення вологозв'язуючої здатності - для визначення цього параметру від дослідного об'єкту відбиралась проба масою 0,3 г. зважувалась на поліетиленовому кружку за допомогою торсійних терезів. Наважка вмішувалась на бензольний паперовий фільтр між двома горизонтально розмішеними скляними пластинами і підлягала накладанню кілограмового вантажу протягом 10 хвилин. Пляма, залишена об'єктом, що досліджується і пляма ви відпресованої (після висихання фільтра) води сю водиться олівцем і за допомогою планіметра визначається площа, обмежена зовнішнім і внутрішнім контурами.

$$B33_m = (a - 8,4 b) \times 100 / m, \quad (2.3)$$

$$B33_a = (a - 8,4 b) \times 100 / a, \quad (2.4)$$

де, $B33_m$ – вміст зв'язаної води, % до продукту;

$B33_a$ – вміст зв'язаної води, % до загальної води;

a – загальний вміст води в наважці, мг;

b – площа вологої плями, см²;

m – маса наважки для пресування, мг.

Пластичність визначали паралельно з визначення вологозв'язуючої здатності за площею плями м'ясного фаршу масою 300 мг (внутрішньої плями), яка утворилася під дією статичного навантаження за формулою 2.5:

$$P = B_\phi \times 1000 / m, \quad \text{де} \quad (2.5)$$

де, P – пластичність фаршу, см²/г;

B_ϕ – площа плями фаршу, см²;

1000, 1000 – коефіцієнти переведення мг та г у кг;

m – маса наважки для пресування, мг.

Визначення водо утримуючої здатності фаршів в одній наважці проводилися за методикою Салаватуліної Р.М.

Зразки масою 180-200 г, розміщували в герметично закриті консервні банки № 3, зважували і проводили теплову обробку при виробничих режимах (варіння на водяній бані при $t = 78-80$ °С протягом 1 год., охолодження в проточній воді до $t = 12-15$ °С). Потім банки відкривали, бульйон і жир, які відокремилися від

проби, переносили в бюкси, а фарш промочували фільтрувальним папером і зважували.

Бюкси з бульйоном сушили в сушильній шафі при $t = 103-105$ °С, а потім визначали масову частку вологи і ВУЗ фаршу.

Жир, який залишився після висушування, екстрагували розчинником (суміш хлороформу з етанолом у співвідношенні 1:2) в кількості 10-15 см³, протягом 3-4 хв. Після розрахунків масової частки жиру обчислювали ЖУЗ фаршу.

Водоутримуючу здатність (% до маси фаршу) визначали за формулою 2.6:

$$ВУЗ = W - [(m_{\delta 1} - m_e) / (m_{\delta 2} - m)] / 100, \quad (2.6)$$

де, W – масова частка вологи у фарші, %;

$m_{\delta 1}$ – маса всього відділеного бульйону з жиром, г ($m_{\delta 1} = m - m_c$);

m_c – маса згустка фаршу після термообробки, г;

m_e – маса вологи в досліджуваному зразку, г; m – маса наважки фаршу, г;

$m_{\delta 2}$ – маса дослідного бульйону з жиру, г.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Органолептична характеристика водорості хлорела і екстрактів, отриманих з неї

Органолептичні показники є важливими критеріями оцінки якості як сировини, так і отриманих з неї екстрактів, оскільки вони визначають не лише їх споживчі властивості, а й можливість використання у харчовій промисловості. Водорості роду *Chlorella* відомі своїм високим вмістом білків, вітамінів, пігментів та мінеральних речовин, проте зовнішній вигляд, консистенція та запах сухої сировини й екстрактів суттєво відрізняються залежно від методів переробки.

Дослідження органолептичних властивостей сухого порошку хлорели та її водного й спиртового екстрактів дає змогу охарактеризувати їхню придатність для подальшого використання як функціональних інгредієнтів у рецептурах харчових продуктів, зокрема у технології м'ясних виробів. Аналіз цих показників також дозволяє обґрунтувати вибір виду екстракту залежно від вимог до кінцевого продукту та технологічного процесу.

Органолептична характеристика сухого порошку водорості і екстрактів

Назва показника	Сухий порошок водорості хлорела	Водний екстракт водорості хлорела	Спиртовий екстракт водорості хлорела
Зовнішній вигляд	порошок від світло-зеленого до темно-зеленого кольору	насичено зелений до темно-зеленого	зелений, насичений
Консистенція	дрібнодисперсний, сухий, гігроскопічний	рідка, трохи мутнувата, дрібнодисперсним осадом	Густувата, прозора
Запах	слабкий, типовий для водоростей	характерний для водоростей	виражений, “трав’яний”
Зображення			

Сухий порошок хлорели характеризується дрібнодисперсною, сухою та гігроскопічною консистенцією, а за кольором варіює від світло-зеленого до темно-зеленого. Запах слабкий, типовий для водоростей, що зумовлює добру сумісність із іншими харчовими інгредієнтами.

Водний екстракт має насичено-зелений до темно-зеленого колір, рідку консистенцію з незначною мутністю та наявністю дрібнодисперсного осаду, що є характерним для екстрактів, багатих на хлорофіл та білково-полімерні сполуки. Запах водного екстракту залишається типовим для водоростей, але більш відчутний, ніж у сухому порошку.

Спиртовий екстракт відрізняється зеленим кольором, що може бути пов’язано з вилученням жиророзчинних пігментів та деяких поліфенолів. Його консистенція густувата, прозора, а запах виражений, із характерним “трав’яним” відтінком, що свідчить про високу концентрацію ароматичних сполук.

Отримані результати свідчать про те, що обидва типи екстрактів зберігають специфічні органолептичні характеристики вихідної сировини, проте мають відмінності, обумовлені природою застосованого розчинника та

характером вилучених сполук і вмістом жиророзчинних пігментів (каротиноїди, хлорофіл).

Це визначає їх потенційні напрямки використання у харчовій промисловості: водні екстракти — для продуктів із нейтральнішими органолептичними властивостями, спиртові — для виробів, де допустима наявність темнішого забарвлення.

Для подальших досліджень і використання у технології м'ясних хлібів вибрано спиртовий екстракт.

3.2. Дослідження вмісту мінеральних речовин у отриманих спиртових екстрактах водоростей

У сучасних умовах зростання інтересу до функціональних харчових продуктів та нутрицевтиків особливу увагу науковців привертають водорості як джерело біологічно активних сполук. Вони накопичують значні кількості мінеральних речовин, які беруть участь у багатьох метаболічних процесах організму людини та забезпечують профілактичну дію щодо низки захворювань. Відомо, що водорості здатні концентрувати макро- та мікроелементи з навколишнього середовища, формуючи таким чином унікальний мінеральний склад, що відрізняється високим біологічним засвоєнням.

Одним із перспективних напрямів є дослідження отриманих екстрактів водоростей як концентрованих джерел мінеральних речовин. Це дозволяє не лише оцінити їх харчову та біологічну цінність, але й визначити можливість використання таких екстрактів у технологіях функціональних харчових продуктів та біологічно активних добавок.

Проведений аналіз дозволяє обґрунтувати їх подальше використання у харчовій промисловості.

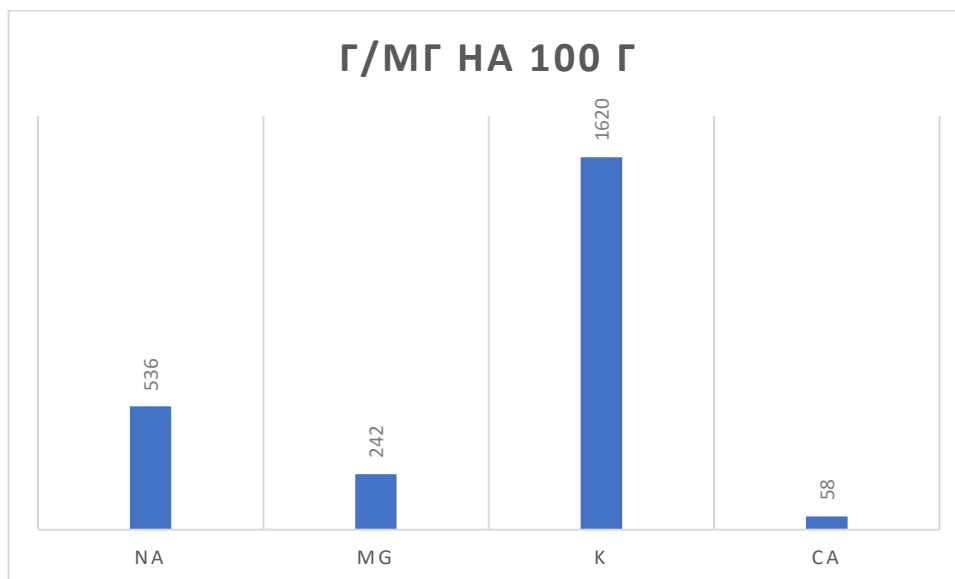


Рис. 3.1. Дослідження вмісту мінеральних елементів у хлореллі, г/ мг на 100 г

На рис. 3.1 представлено концентрації основних макроелементів у хлорелі, виражені у міліграмах на 100 г сухої речовини (мг/100 г). Проведений аналіз свідчить про те, що хлорела є цінним джерелом мінеральних речовин, необхідних для забезпечення життєдіяльності організму людини.

Зокрема, найбільшу кількість серед досліджених елементів має калій (K) — 1620 мг/100 г, що є важливим для підтримання нормальної роботи серцево-судинної системи, регуляції водно-сольового балансу та проведення нервових імпульсів. Вміст натрію (Na) становить 536 мг/100 г, що також відіграє ключову роль у регуляції осмотичного тиску та кислотно-лужної рівноваги. Магній (Mg) присутній у кількості 242 мг/100 г і забезпечує нормальне функціонування нервово-м'язового апарату, а також бере участь у процесах енергетичного метаболізму. Вміст кальцію (Ca) у хлорелі складає 58 мг/100 г, що є важливим для формування кісткової тканини, згортання крові та регуляції роботи серцевого м'яза.

Отримані результати вказують на високу харчову та біологічну цінність хлорели як джерела мінеральних елементів. Це підкреслює перспективність її використання у технології функціональних продуктів харчування, а також у складі біологічно активних добавок для збагачення раціонів харчування необхідними макро- та мікроелементами.

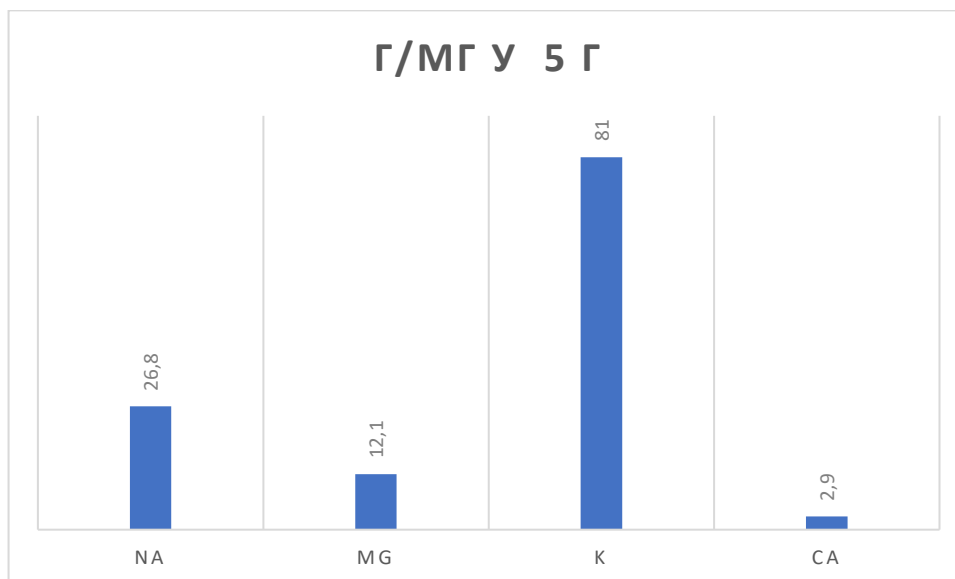


Рис. 3.2. Дослідження вмісту мінеральних елементів у екстракті хлорели, г/ мг на 5 г хлорели, що використана для екстрагування

За результатами дослідження визначено вміст основних макроелементів — натрію (Na), магнію (Mg), калію (K) та кальцію (Ca) — в екстракті хлорели, отриманому шляхом обробки 5 г сухої біомаси встановлено, що концентрації зазначених елементів у екстракті становили: натрій — 26,8 мг, магній — 12,1 мг, калій — 81,0 мг та кальцій — 2,9 мг. Отримані дані підтверджують наявність у хлорелі значної кількості макроелементів, які є важливими для фізіологічних процесів в організмі людини.

Високий рівень калію в екстракті (81 мг/5 г хлорели) є характерним для хлорели та обумовлений її здатністю накопичувати цей елемент з навколишнього середовища. Натрій (26,8 мг) та магній (12,1 мг) присутні у менших, але біологічно значущих кількостях. Найнижча концентрація серед досліджених елементів спостерігається для кальцію (2,9 мг), що узгоджується з літературними даними про його помірний вміст у зелених водоростях.

Екстракція за допомогою етанол-водного розчинника (70:30, v/v) є ефективним методом вилучення фенольних сполук та супутніх біологічно активних речовин, проте цей процес впливає на вміст мінеральних компонентів у кінцевому продукті. Макроелементи у водоростях зв'язані переважно у формі солей органічних та неорганічних кислот, частково у складі білків та клітинних

структур. Під час екстракції розчинник здатний вилучати ті форми елементів, які є більш водорозчинними або слабко зв'язаними у клітинній матриці.

Водночас варто зазначити, що екстракція може призвести до втрат частини мінеральних речовин, оскільки деякі макроелементи (зокрема кальцій та магній) можуть залишатися у клітинних стінках або у формі комплексів, малорозчинних у застосованій екстракційній системі. Це пояснює відносно нижчі концентрації мінералів у екстракті порівняно з вихідною біомасою хлорели. Наприклад, у вихідній хлорелі вміст калію становив 1620 мг/100 г, що у 4–5 разів перевищує його концентрацію у екстракті, якщо перерахувати на ту ж масу сировини.

Таким чином, отримані результати свідчать, що застосована методика екстракції є ефективною для часткового вилучення макроелементів із хлорели. Однак для максимального збереження мінерального складу доцільним є використання методів, що забезпечують більш повний руйнування клітинної стінки (наприклад, ультразвукову або ферментативну обробку) перед екстракцією.

Екстракти хлорели є перспективними інгредієнтами для використання у виробництві харчових продуктів завдяки унікальному поєднанню біологічно активних сполук, включаючи мінеральні речовини, вітаміни, антиоксиданти та полісахариди. Хлорела, як відомо, є багатим джерелом макро- та мікроелементів, серед яких натрій, калій, магній і кальцій, що беруть участь у регуляції водно-сольового балансу, ферментативних процесів і підтриманні нормального функціонування серцево-судинної та нервової систем.

У контексті м'ясопереробної промисловості екстракти хлорели можуть виконувати кілька важливих функцій:

Біоактивні сполуки екстрактів хлорели можуть підвищувати водоутримуючу здатність фаршу, покращувати текстуру м'ясних виробів та сприяти формуванню стабільної фаршевої системи. Наявність полісахаридів у складі екстрактів здатна діяти як природний гідроколоїд, що позитивно впливає на консистенцію продукту.

Додавання екстрактів хлорели дозволяє підвищити вміст таких важливих мікроелементів, як магній та калій, що є дефіцитними у раціоні значної частини населення. Це сприяє формуванню продуктів з функціональними властивостями, орієнтованих на здорове харчування.

Фенольні сполуки та хлорофіл, наявні в екстрактах хлорели, мають виражені антиоксидантні властивості, що сприяє уповільненню процесів окислення ліпідів у м'ясних продуктах та продовженню термінів їх зберігання без застосування синтетичних антиоксидантів.

Завдяки високому вмісту хлорофілу додавання екстрактів хлорели може надавати м'ясним хлібам привабливого відтінку, що підвищує їх візуальну привабливість для споживачів.

У технології м'ясних хлібів використання екстрактів хлорели є доцільним як на стадії формування фаршу, так і на етапі термічної обробки. Їх введення у рецептуру в обґрунтованих кількостях дозволяє створювати продукти із зниженим вмістом солі та жиру, підвищеною харчовою та біологічною цінністю, що відповідає сучасним тенденціям розвитку харчової промисловості та запитам споживачів на продукти для здорового харчування.

Таким чином, екстракти хлорели можна розглядати як багатофункціональний інгредієнт для м'ясної промисловості, що сприяє розширенню асортименту дієтичних та функціональних м'ясних виробів, зокрема м'ясних хлібів. Це відкриває перспективи для створення продуктів з поліпшеними нутрицевтичними властивостями та підвищеною конкурентоспроможністю на ринку.

3.3. Рецептūra і технологія м'ясного хліба з використанням спиртового екстракту водорості хлорела

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості спрямовані на створення продуктів функціонального призначення, які поєднують високу харчову цінність та корисні для здоров'я властивості. Одним із перспективних напрямів є використання рослинних біоактивних компонентів у м'ясопереробних технологіях. Зокрема, екстракти мікрowodоростей, таких як хлорела, містять комплекс біологічно активних речовин — хлорофіл, полісахариди, мінеральні елементи та антиоксиданти, — що можуть підвищувати харчову цінність, покращувати органолептичні показники та збільшувати термін зберігання м'ясних виробів.

Розробка рецептур м'ясних хлібів із використанням спиртового екстракту хлорели дозволяє оцінити його вплив на фізико-хімічні, технологічні та органолептичні властивості готового продукту. Дослідження передбачає використання різних концентрацій екстракту, що обумовлено необхідністю визначення оптимальної кількості для досягнення збалансованого ефекту збагачення продукту без погіршення його смакових і текстурних характеристик.

Крім того, заміна частини м'яса нутрії на м'ясо кролів у дослідних зразках є обґрунтованою з технологічної та економічної точок зору. М'ясо кроля має більш ніжну консистенцію, світліше забарвлення та вищу засвоюваність білка (до 90%), що сприятиме поліпшенню текстури м'ясних хлібів і зробить їх привабливішими для широкого кола споживачів. Натомість, м'ясо нутрії, хоча й багате на повноцінні білки та незамінні амінокислоти, характеризується більш щільною текстурою та специфічним ароматом, що може обмежувати його використання у великих кількостях у делікатесних виробках. Поєднання цих двох видів м'яса дозволяє створити продукт із покращеними органолептичними характеристиками та високою біологічною цінністю.

Рецептури м'ясних хлібів

Сировина і матеріали	Контроль	Дослідні зразки		
		№1	№2	№3
Основна сировина, кг на 100 кг несоленої сировини				
М'ясо нутрії	55,0	40	40	40
М'ясо кроля	40,0	57	58	59
Хлорелла в порошок, «VeganProd»	3,0	-	-	-
Спиртовий екстракт Хлорелла, «VeganProd»	-	1,0	2,0	3,0
Борошно сочевиці	2,0	2,0	2,0	2,0
Допоміжна сировина, г на 100 кг				
Сіль кухонна	2500	2500	2500	2500
Нітрит натрію	7,4	7,4	7,4	7,4
Цукор	150	150	150	150
Перець чорний мелений	100	100	100	100
Перець духмяний	100	100	100	100

У таблиці 3.2 наведено рецептури м'ясних хлібів контрольного зразка та трьох дослідних варіантів із додаванням спиртового екстракту хлорели.

Контрольний зразок містить у своєму складі 55% м'яса нутрії, 40% м'яса кролів, 3% порошку хлорели та 2% борошна з сочевиці. Дослідні зразки №1, №2 та №3 розроблені шляхом поступового заміщення порошку хлорели на спиртовий екстракт у кількості 1,0; 2,0 та 3,0% відповідно. При цьому частка м'яса нутрії у дослідних зразках знижена до 40%, а м'яса кролів — збільшена до 57–59%, що дозволяє компенсувати зміну структури фаршу при введенні рідкого компоненту (екстракту) та підвищити ніжність готового продукту.

Допоміжні інгредієнти (сіль кухонна, нітрит натрію, цукор, мелений перець) додавалися в однакових кількостях для всіх зразків, що дозволяє об'єктивно оцінити вплив саме екстракту хлорели на якість м'ясних хлібів.

Використання різних концентрацій спиртового екстракту хлорели (1,0; 2,0 та 3,0%) дозволяє вивчити його вплив на структурно-механічні властивості фаршу, водоутримуючу здатність, колір, смак та аромат готового виробу. Це необхідно для встановлення максимально допустимої кількості введення

екстракту, за якої продукт зберігає високу органолептичну привабливість та технологічні параметри.

Збільшення частки м'яса кролів порівняно з м'ясом нутрії також є технологічно виправданим: м'ясо кроля має ніжнішу структуру, нижчий вміст жиру та більш нейтральний смак, що дозволяє пом'якшити потенційний вплив хлорели на органолептичні властивості виробу. Це поєднання забезпечує створення збалансованого за смаком та текстурою продукту, орієнтованого на споживачів, які надають перевагу функціональним і дієтичним м'ясним виробам.

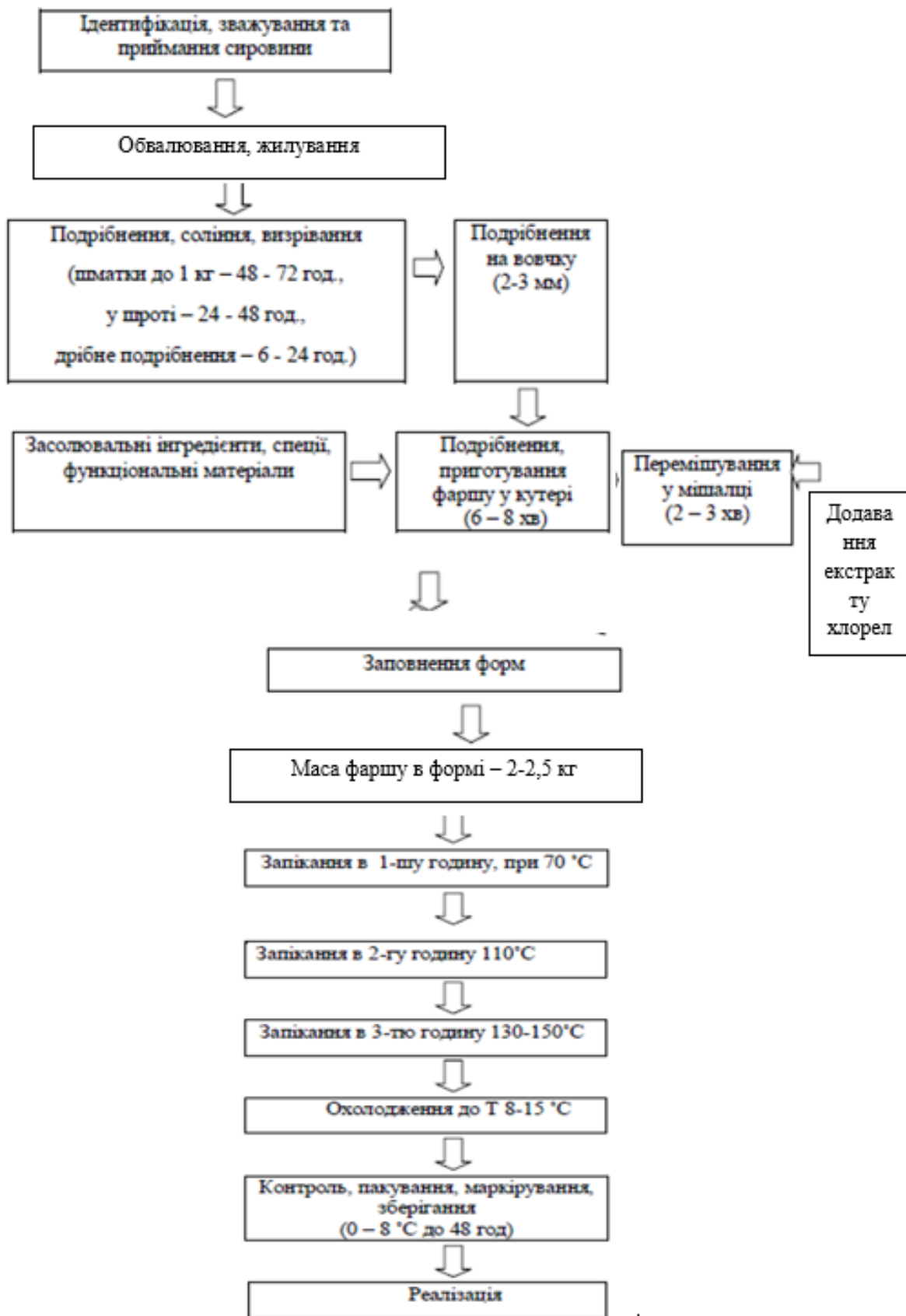


Рис. 3.3. Технологічна схема виробництва м'ясного хліба з екстрактами водоростей

Технологія м'ясного хліба наступна:

М'ясну сировину, яку попередньо подрібнюють на шматки або шрот, після проведення процесу соління повторно подрібнюють на м'ясорубці з решіткою, діаметр отворів якої становить 2–3 мм. Соління м'яса здійснюється за умов дотримання температурного режиму у межах від 0 до +4 °С як у виробничому приміщенні, так і у продукті.

Підготовлений фарш розподіляють у металеві форми, які попередньо змащують свинячим жиром для запобігання прилипанню. Наповнення форм здійснюється за допомогою спеціального обладнання для формування м'ясних хлібів типу ФФ-2Х або за допомогою шприців, при цьому важливо уникати утворення повітряних порожнин у масі. Маса фаршу у кожній формі складає від 2,0 до 2,5 кг. Після заповнення форм поверхню фаршу ретельно вирівнюють і маркують товарним знаком (літерою), що відповідає назві продукту.

Оскільки м'ясні хліби не мають захисної оболонки, їх термічну обробку здійснюють шляхом запікання із застосуванням гарячого повітря або димових газів. Запікання проводиться у духових шафах, а також у подових або ротаційних печах. Найбільш поширеними є ротаційні печі типу КГ-ФП2-Г. Форми з фаршем встановлюють на полиці ротаційних печей через боковий проріз циліндричної частини корпусу. Попереднє нагрівання печей до температури 130 °С сприяє швидкому утворенню захисної кірочки на поверхні виробу та зменшенню втрат вологи під час термообробки.

Процес запікання здійснюється поетапно: протягом першої години підтримують температуру 70 °С, упродовж другої — 110 °С, а під час третьої — 130–150 °С. Готовність продукту визначається досягненням температури в центрі м'ясного хліба 72 °С. Після вилучення виробів із форм для формування рівномірної кірочки по всій поверхні їх додатково витримують у печах при температурі 130–150 °С протягом 20–30 хвилин.

Охолодження м'ясних хлібів здійснюється у спеціальних камерах при температурі 0–4 °С до досягнення у товщі продукту температури 0–15 °С. Готові

хліби розміщують на полицях в один шар для рівномірного охолодження, після чого загортають у жаростійкий папір, пергамент або целофан.

Зберігання готових виробів проводять за температури 0–8 °С: загорнуті у пакувальні матеріали хліби можуть зберігатися до 48 годин, а упаковані під вакуумом — до 10 діб.

3.4. Дослідження функціонально-технологічних властивостей фаршу

Функціонально-технологічні властивості м'ясних виробів є важливим показником їх якості, що визначає збереження вологи, текстурні характеристики та споживчі властивості готового продукту. Зокрема, вміст вологи та водозв'язувальна здатність (ВЗЗ) фаршу суттєво впливають на соковитість, ніжність і стабільність виробів під час термообробки. Введення нетрадиційних інгредієнтів, таких як спиртовий екстракт хлорели, може впливати на гідрофільність білкової системи фаршу, змінюючи її структурно-функціональні властивості.

У цьому розділі наведено результати досліджень впливу додавання спиртового екстракту хлорели у різних кількостях на функціонально-технологічні властивості м'ясних хлібів. Оцінка цих показників дозволяє обґрунтувати оптимальний рівень введення екстракту для досягнення високої якості готового продукту.

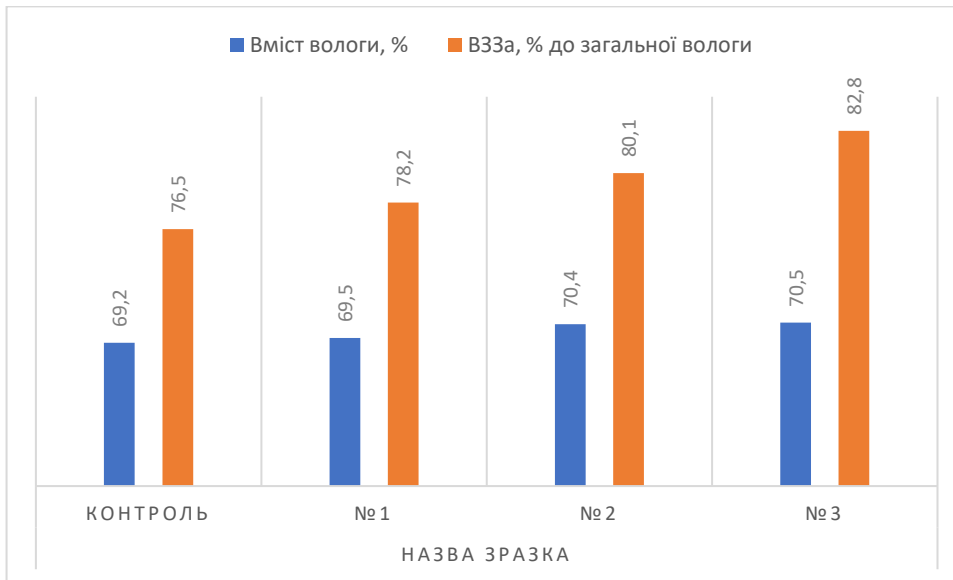


Рис. 3.4. Функціонально-технологічні властивості досліджуваних зразків

На рис. 3.4. представлено дані щодо вмісту вологи (%) та водозв'язувальної здатності (% до загальної вологи) у контрольному зразку та трьох дослідних зразках м'ясних хлібів із додаванням спиртового екстракту хлорели.

Вміст вологи у контрольному зразку становив $69,2 \pm 0,1\%$, тоді як у дослідних зразках цей показник поступово збільшувався зі зростанням кількості введеного екстракту: $69,5 \pm 0,2\%$ у зразку №1 (1% екстракту), $70,4 \pm 0,1\%$ у зразку №2 (2% екстракту) та $70,5 \pm 0,2\%$ у зразку №3 (3% екстракту). Подібна тенденція спостерігається і для водозв'язувальної здатності: у контрольному зразку ВЗЗ становила $76,5 \pm 0,2\%$, а у дослідних зразках відповідно $78,2 \pm 0,1\%$, $80,1 \pm 0,1\%$ та $82,8 \pm 0,1\%$.

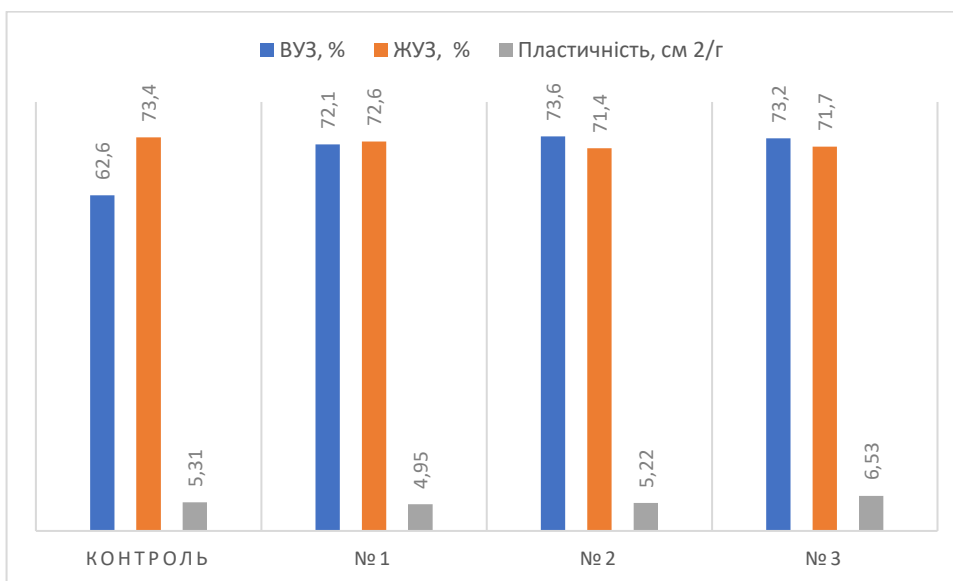


Рис. 3.5. Технологічні показники м'ясних хлібів

На рис. 3.5 наведено технологічні показники м'ясних хлібів, а саме водоутримувальну здатність (ВУЗ), жирутримувальну здатність (ЖУЗ) та пластичність. Показники оцінювались для контрольного зразка та трьох дослідних зразків, до складу яких вводили спиртовий екстракт хлорели у різних кількостях.

Контрольний зразок мав ВУЗ на рівні $62,6 \pm 0,1\%$, ЖУЗ — $73,4 \pm 0,3\%$ та пластичність — $5,31 \pm 0,13 \text{ см}^2/\text{г}$. У дослідних зразках спостерігалось підвищення ВУЗ: у зразку №1 до $72,1 \pm 0,1\%$, у зразку №2 до $73,6 \pm 0,2\%$, а у зразку №3 — до $73,2 \pm 0,53\%$. ЖУЗ, навпаки, злегка знижувалась зі збільшенням кількості введеного екстракту: від $72,6 \pm 0,3\%$ у зразку №1 до $71,4 \pm 0,1\%$ у зразку №2 та $71,7 \pm 0,3\%$ у зразку №3. Пластичність продукту варіювала від $4,95 \pm 0,2 \text{ см}^2/\text{г}$ у зразку №1 до $6,53 \pm 0,3 \text{ см}^2/\text{г}$ у зразку №3.

Зростання ВУЗ у дослідних зразках порівняно з контролем пояснюється введенням спиртового екстракту хлорели, до складу якого входять гідрофільні сполуки (полісахариди, білки та фенольні сполуки). Ці компоненти взаємодіють із білками м'яса, утворюючи більш щільну гелеподібну матрицю, яка ефективніше утримує вологу. Найвищий рівень ВУЗ спостерігався у зразку №2 (73,6%), що свідчить про оптимальне співвідношення екстракту до м'ясної сировини, яке забезпечує баланс між водоутриманням та структурними властивостями.

Невелике зниження ЖУЗ у дослідних зразках може бути пов'язане з частковою заміною сухих компонентів (порошку хлорели) на рідкий спиртовий екстракт. Останній менш ефективно утримує жир у структурі фаршу під час термічної обробки через відсутність достатньої кількості гідрофобних зв'язків, характерних для твердих волокнистих структур. Тим не менш, зниження є незначним і не має суттєвого негативного впливу на якість виробів.

Зміни пластичності зразків вказують на вплив спиртового екстракту на текстуру м'ясних хлібів. Найвища пластичність зафіксована у зразку №3 ($6,53 \text{ см}^2/\text{г}$), що може бути результатом підвищеної вологості та меншої щільності білкової мережі за високої концентрації екстракту. У зразку №1

показник пластичності є найнижчим ($4,95 \text{ см}^2/\text{г}$), що пояснюється ще недостатнім вмістом гідрофільних сполук для формування м'якої та еластичної текстури.

Таким чином, додавання спиртового екстракту хлорели позитивно впливає на водоутримувальні властивості м'ясних хлібів та здатність до формування більш ніжної консистенції. Незначне зниження жирутримувальної здатності компенсується покращенням інших функціонально-технологічних характеристик. Оптимальним можна вважати зразок №2, у якого досягнуто найкращий баланс між ВУЗ, ЖУЗ та пластичністю.

Дослідження функціонально-технологічних властивостей фаршу та готових м'ясних хлібів із додаванням спиртового екстракту хлорели дозволило встановити вплив різних рівнів введення цього інгредієнта на основні якісні показники продукції. Аналіз результатів показав, що введення екстракту хлорели сприяє покращенню водоутримувальної здатності (ВУЗ) і водозв'язувальної здатності (ВЗЗ), що є важливим для збереження соковитості та підвищення ніжності виробів після термічної обробки.

Найвищий показник ВУЗ ($73,6 \pm 0,2\%$) спостерігався у зразку №2 з концентрацією спиртового екстракту 2%, що свідчить про оптимальне співвідношення гідрофільних компонентів до м'ясної сировини. Жирутримувальна здатність (ЖУЗ) дещо знижувалася зі зростанням концентрації екстракту, проте ці зміни були незначними та не вплинули суттєво на якість продуктів.

Показник пластичності зріс у зразку №3 (3% екстракту), що можна пояснити більшою кількістю вологи та менш щільною білковою матрицею фаршу. Однак надмірне підвищення пластичності може негативно впливати на стійкість виробу під час нарізання та зберігання.

З урахуванням комплексної оцінки всіх досліджених параметрів, оптимальним було визначено зразок №2 із введенням 2% спиртового екстракту хлорели. У цьому варіанті досягнуто найкращий баланс між водоутримувальною та жирутримувальною здатністю, а також стабільною текстурою продукту. Це

робить зразок №2 найбільш перспективним для подальшого використання у промисловій технології виробництва м'ясних хлібів функціонального призначення.

3.5. Дослідження фізико-хімічних показників м'ясних хлібів

Фізико-хімічні показники є ключовими критеріями оцінки якості м'ясних виробів, оскільки вони відображають харчову цінність продукту, його стабільність під час зберігання та здатність задовольняти вимоги споживачів щодо складу та безпеки. Введення нетрадиційних інгредієнтів, таких як спиртовий екстракт хлорели, може впливати на вміст білків, жирів, вуглеводів, золи, кухонної солі та рівень рН у готовому продукті, змінюючи його харчовий профіль та функціональні властивості.

У цьому розділі представлено результати досліджень впливу різної кількості спиртового екстракту хлорели на фізико-хімічні характеристики м'ясних хлібів. Аналіз цих показників дозволяє оцінити ефективність введення рослинного інгредієнта та його роль у формуванні якості кінцевого продукту.

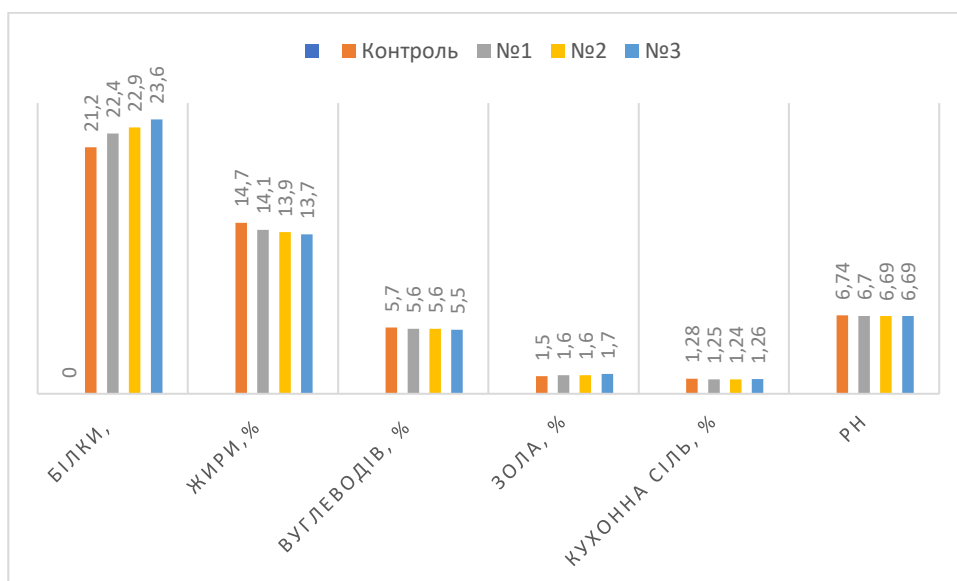


Рис. 3.6. Фізико-хімічні показники м'ясних хлібів

Вміст білка у контрольному зразку становив $21,2 \pm 0,1$ %, тоді як у дослідних зразках він поступово збільшувався зі зростанням концентрації екстракту хлорели: у зразку №1 — $22,4 \pm 0,1$ %, у зразку №2 — $22,9 \pm 0,1$ %, а у зразку №3 — $23,6 \pm 0,1$ %. Показник жиру демонстрував зворотну тенденцію: від $14,7 \pm 0,1$ % у контролі до $14,1 \pm 0,1$ % у зразку №1, $13,9 \pm 0,1$ % у зразку №2 та $13,7 \pm 0,2$ % у зразку №3. Вміст вуглеводів залишався практично незмінним у всіх зразках ($5,5$ – $5,7$ %).

Зольність коливалася від $1,5 \pm 0,1$ % у контрольному зразку до $1,7 \pm 0,1$ % у зразку №3. Вміст кухонної солі у дослідних зразках не відрізнявся суттєво і перебував у межах $1,24$ – $1,26$ %. Значення рН залишалися стабільними для всіх дослідних варіантів ($6,69$ – $6,70$) та незначно відрізнялися від контролю ($6,74 \pm 0,2$).

Підвищення вмісту білка у дослідних зразках пов'язане із введенням спиртового екстракту хлорели, який є додатковим джерелом білкових сполук та незамінних амінокислот. Зменшення частки жиру обумовлене як заміною частини м'ясної сировини на екстракт, так і гідрофільними властивостями компонентів хлорели, що утримують більше вологи і знижують відносну концентрацію жиру у готовому виробі.

Збільшення зольності у зразках зі спиртовим екстрактом пояснюється вмістом мінеральних речовин у хлорелі, таких як калій, магній та кальцій. Це сприяє формуванню більш збалансованого мінерального складу готових виробів.

Незначні коливання рівня рН свідчать про відсутність істотного впливу спиртового екстракту на кислотно-лужну рівновагу фаршу, що важливо для стабільності мікрофлори та органолептичних властивостей продукту.

Результати досліджень фізико-хімічних показників м'ясних хлібів із додаванням спиртового екстракту хлорели свідчать про позитивний вплив цього інгредієнта на харчову цінність та якісні характеристики виробів. Введення екстракту сприяло збільшенню вмісту білка у дослідних зразках порівняно з контрольним, що пов'язано з високою концентрацією білкових сполук та

амінокислот у складі хлорели. Зокрема, максимальний вміст білка зафіксовано у зразку №3 (23,6 %), що перевищує показник контрольного зразка на 2,4 %.

Паралельно спостерігалось зниження вмісту жиру, що пояснюється як заміщенням частини м'ясної сировини спиртовим екстрактом, так і підвищеною гідрофільністю його компонентів, що утримують більшу кількість вологи. Вміст жиру у зразку №3 становив 13,7 %, що на 1,0 % менше, ніж у контролі.

Збільшення зольності у дослідних зразках підтверджує внесок екстракту хлорели як джерела макро- та мікроелементів (калію, магнію, кальцію), що підвищує мінеральну цінність продуктів. Незначні зміни рівня рН (6,69–6,70) свідчать про збереження стабільності кислотно-лужного балансу у готових виробках.

За сукупністю фізико-хімічних показників найкращим було визначено дослідний зразок №3, який продемонстрував найвищий вміст білка, збалансований вміст золи та стабільні органолептичні характеристики. Цей варіант рецептури може бути рекомендований для використання у виробництві м'ясних хлібів функціонального призначення з підвищеною харчовою цінністю та оптимальним складом.

3.6. Дослідження кількості макроелементів у м'ясних хлібах з використанням екстрактів хлорели

Мікрородості, зокрема хлорела, є багатим джерелом біологічно активних речовин, включаючи макроелементи, що мають важливе значення для формування харчової цінності продуктів. Використання спиртового екстракту хлорели у технології м'ясних хлібів дозволяє підвищити вміст таких мінеральних елементів, як натрій, магній, калій та кальцій, що сприяє збагаченню готових виробів макроелементами та розширює їх функціональні властивості.

Метою цього дослідження було оцінити вплив різної кількості спиртового екстракту хлорели на вміст макроелементів у м'ясних хлібах. Проведені аналізи

дозволили простежити зміну концентрацій натрію, магнію, калію та кальцію залежно від варіанта рецептури.

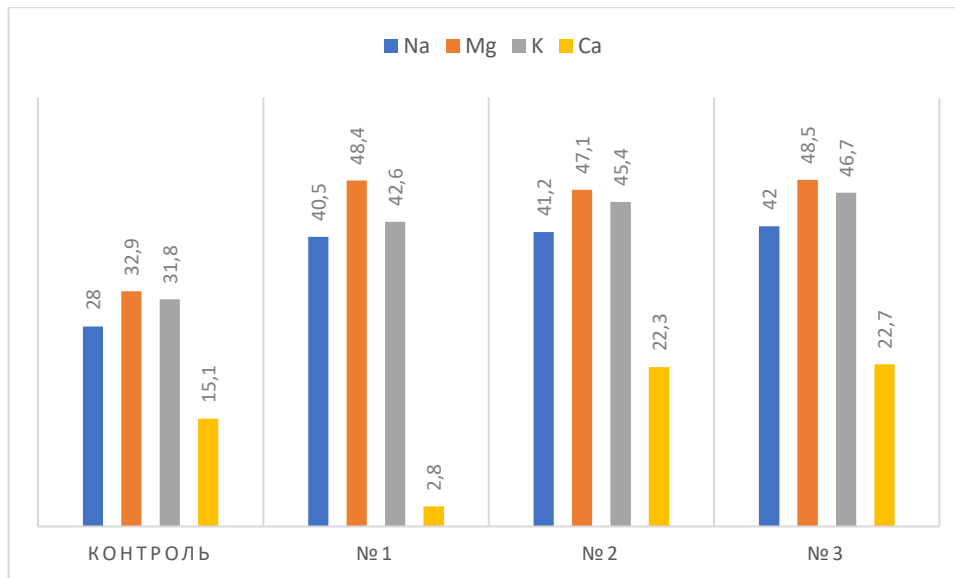


Рис. 3.7. Вміст макроелементів в м'ясних хлібів, г/мг у 100 г

На рис. 3.7 наведено вміст макроелементів у контрольному та трьох дослідних зразках м'ясних хлібів. У контрольному зразку вміст натрію становив 28 мг, магнію – 32,9 мг, калію – 31,8 мг, кальцію – 15,1 мг. У дослідних зразках ці показники зростали зі збільшенням кількості введеного спиртового екстракту хлорели.

Натрій у зразках №1, №2 та №3 складав відповідно 40,5 мг, 41,2 мг та 42 мг, що свідчить про послідовне підвищення його концентрації. Вміст магнію збільшився до 48,4 мг у зразку №1, 47,1 мг у зразку №2 та 48,5 мг у зразку №3. Аналогічно, калій у дослідних варіантах зріс до 42,6 мг, 45,4 мг та 46,7 мг відповідно. Вміст кальцію зростав нерівномірно: у зразку №1 він становив лише 2,8 мг, що може бути зумовлено технологічними особливостями, а у зразках №2 та №3 — 22,3 мг та 22,7 мг відповідно, що значно перевищує контроль.

Збільшення вмісту натрію, магнію та калію у дослідних зразках пов'язане з внесенням спиртового екстракту хлорели, який містить ці макроелементи у значній кількості. Багатий мінеральний склад хлорели забезпечує збагачення м'ясних хлібів життєво важливими елементами, що є цінним у створенні функціональних продуктів харчування.

Нерівномірність приросту кальцію, особливо низький показник у зразку №1, може пояснюватися можливою неоднорідністю розподілу екстракту у фарші або взаємодією кальцію з іншими компонентами продукту, що впливають на його фіксацію у структурі м'ясного хліба. Водночас стабілізація показників у зразках №2 та №3 підтверджує ефективність вищих концентрацій екстракту для підвищення мінеральної цінності продукту.

Таким чином, результати свідчать про перспективність використання спиртового екстракту хлорели для збагачення м'ясних виробів макроелементами. Найкращими за вмістом мінеральних речовин можна вважати зразки №2 та №3, у яких досягнуто найвищих значень більшості показників.

Результати досліджень вмісту макроелементів у м'ясних хлібах із додаванням спиртового екстракту хлорели свідчать про суттєве підвищення концентрації мінеральних речовин порівняно з контрольним зразком. У дослідних зразках спостерігалось послідовне збільшення вмісту натрію, магнію та калію відповідно до зростання частки екстракту у рецептурі. Так, у зразку №3 відзначено найвищий рівень магнію (48,5 мг), калію (46,7 мг) та натрію (42 мг), що перевищує показники контрольного зразка на 47–50 %.

Вміст кальцію продемонстрував певну варіабельність: найнижче значення спостерігалось у зразку №1, що, ймовірно, пов'язано з особливостями розподілу екстракту або взаємодією кальцію з іншими компонентами фаршу. Водночас у зразках №2 та №3 концентрація кальцію досягла 22,3 та 22,7 мг відповідно, що перевищує контроль майже в 1,5 раза.

Комплексна оцінка результатів дозволяє визначити зразок №3 як оптимальний за вмістом макроелементів. Саме цей варіант рецептури забезпечує найбільш збалансоване збагачення м'ясного хліба мінеральними речовинами, що підвищує його харчову цінність та робить перспективним для подальшого впровадження у виробництво функціональних продуктів. Слід зазначити, що на результати таких досліджень вплинули ще різні кількості у рецептурах м'ясної сировини.

3.7. Дослідження органолептичних показників м'ясних хлібів

Органолептична оцінка є одним із ключових методів визначення якості м'ясних виробів, оскільки саме споживчі властивості продукту формують його конкурентоспроможність на ринку. Показники зовнішнього вигляду, кольору, смаку, запаху, консистенції та соковитості безпосередньо впливають на сприйняття виробу споживачем. Використання у рецептурі нових інгредієнтів, таких як спиртовий екстракт хлорели, здатне змінювати органолептичні характеристики готових виробів завдяки своєму кольору, запаху та біоактивним компонентам.

Особливу увагу у даному дослідженні було приділено впливу спиртового екстракту хлорели на органолептичні властивості м'ясних хлібів при різних рівнях його введення. Це дозволило визначити оптимальну концентрацію для досягнення високих сенсорних показників.

У таблиці 3.3 наведені середні значення органолептичної оцінки контрольного та трьох дослідних зразків м'ясних хлібів за шістьма показниками: зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенція, соковитість, а також загальна оцінка.

Контрольний зразок отримав загальну оцінку 4,31 бала, поступаючись за більшістю параметрів дослідним зразкам. Найвищу оцінку отримав зразок №1 — 4,96 бала, який відзначався найвищими значеннями за зовнішнім виглядом (5,0), кольором (5,0), смаком (4,9) та соковитістю (5,0). Зразки №2 та №3 мали однакову загальну оцінку — 4,90 бала, з незначними відмінностями у кольорі та смаку.

Органолептична оцінка м'ясних хлібів, $M \pm 0,97$, $n=5$

Назва зразка	Назва показника						
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах	Консистенція	Соковитість	Загальна оцінка
Контроль	4,4±0,1	3,0±0,2	4,0±0,1	5,0±0,1	4,8±0,2	4,7±0,1	4,31
Зразок №1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,9±0,1	5,0±0,1	4,9±0,2	5,0±0,2	4,96
Зразок №2	4,9±0,1	4,7±0,1	4,8±0,2	5,0±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	4,90
Зразок №3	4,8±0,1	4,8±0,2	4,8±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,2	4,90

Поліпшення органолептичних показників у дослідних зразках пов'язане із введенням спиртового екстракту хлорели, який позитивно вплинув на зовнішній вигляд і колір виробів. Контрольний зразок, виготовлений без хлорели, мав стандартний для м'ясних хлібів відтінок, але через темніший тон м'ясної сировини та відсутність додаткових пігментів він отримав нижчу оцінку за колір (3,0 бала).

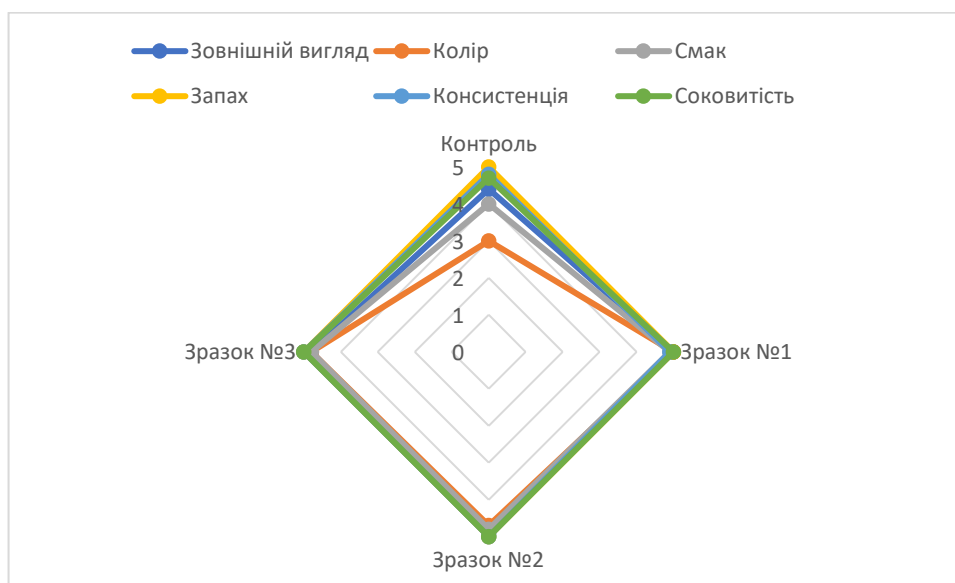


Рис. 3.8. Відображення результатів сенсорної оцінки якості м'ясних хлібів, оціненої за 5-ю шкалою

Зразок №1 із концентрацією екстракту 1% відрізнявся світлішим, більш привабливим відтінком. Низька концентрація екстракту забезпечила оптимальний баланс між кольором та органолептичними властивостями, не

викликаючи надмірної інтенсивності забарвлення, що могло б сприйматися як неприродне. Це, а також відсутність специфічного запаху хлорели, забезпечило зразку №1 найвищі оцінки за всіма параметрами.

У зразках №2 та №3 спостерігалася дещо насиченіша зеленуватий відтінок через вищу концентрацію екстракту (2% та 3% відповідно). Хоча ці зразки зберегли високі бали за смак, консистенцію та соковитість, насичений колір міг незначно вплинути на суб'єктивне сприйняття споживачами, що пояснює трохи нижчу оцінку кольору у зразку №2 (4,7 бала).

Результати органолептичної оцінки м'ясних хлібів із додаванням спиртового екстракту хлорели показали, що введення цього інгредієнта позитивно впливає на сенсорні характеристики готових виробів. Порівняно з контрольним зразком, у якого загальна оцінка становила 4,31 бала, дослідні зразки продемонстрували покращення за більшістю показників: зовнішнім виглядом, кольором, смаком, консистенцією та соковитістю.

Зокрема, зразок №1 з концентрацією спиртового екстракту 1% отримав найвищу загальну оцінку 4,96 бала, що свідчить про оптимальне поєднання світлого відтінку, збалансованого смаку та приємної текстури. Низька концентрація екстракту забезпечила відсутність вираженого специфічного запаху хлорели та зберегла традиційні для м'ясних хлібів органолептичні властивості, що підвищило сприйняття продукту дегустаторами.

Зразки №2 та №3, що містили 2% та 3% екстракту відповідно, також продемонстрували високі показники (по 4,90 бала), проте більш насичений зелений відтінок міг вплинути на суб'єктивне сприйняття кольору.

Таким чином, за результатами досліджень оптимальним за органолептичними характеристиками було визначено дослідний зразок №1, який поєднує привабливий зовнішній вигляд, гармонійний смак і високу соковитість, забезпечуючи збалансовану якість та споживчу привабливість готового продукту.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У сучасних умовах ринку харчових продуктів ефективність виробництва визначається не лише якістю та безпечністю продукції, але й економічними показниками, що дозволяють підприємствам залишатися конкурентоспроможними. Розрахунок економічної ефективності є важливим етапом у впровадженні нових видів продукції, оскільки він дозволяє оцінити доцільність використання сировини та матеріалів, а також визначити фінансові переваги нових рецептур. У цьому розділі проведено аналіз витрат на сировину та допоміжні матеріали для контрольного та експериментального зразків паштетів, визначено загальні виробничі витрати, прибуток, рентабельність, термін окупності інвестицій та коефіцієнт економічної ефективності. Це дозволяє обґрунтувати економічну доцільність впровадження експериментальної рецептури у виробництво.

Таблиця 4.1

Розрахунок вартості основної сировини для контролю

№	Потреба в сировині та матеріалах за рецептурою	Норма, %	Потреба для виробництва 1 т виробів, кг	Ціна за 1 кг, грн	Вартість, грн.
1	М'ясо нутрії	55,0	55000	120	6600000
2	М'ясо кроля	40,0	40000	180	7200000
4	Хлорелла в порошку, «VeganProd»	3,0	3000	50	150000
5	Борошно сочевиці	2,0	2000	70	140000
Всього		100		-	14090000

Таблиця 4.2

Розрахунок вартості основної сировини для Дослідного зразка №1

№	Потреба в сировині та матеріалах за рецептурою	Норма, %	Потреба для виробництва 1 т виробів, кг	Ціна за 1 кг, грн	Вартість, грн.
1	М'ясо нутрії	40	40000	120	480000
2	М'ясо кроля	57	57000	180	10260000
4	Спиртовий екстракт Хлорелла, «VeganProd»	1,0	1000	55	55000
5	Борошно сочевиці	2,0	2000	70	140000
Всього		100		-	10795000

Розрахунок вартості допоміжних матеріалів для контролю

№	Найменування допоміжних матеріалів	Норми витрат, %	Потреба для виробництва 1 т виробів, кг	Ціна за 1 кг, грн.	Вартість, грн
1	Нітрит натрію	7,4	0,74	25,0	18,5
2	Сіль	2500	25,0	18,10	452,5
3	Цукор	150	15,0	28,0	420
4	Перець чорний мелений	100	100	56,30	5630
5	Мускатний горіх	100	100	70,0	7000
Всього					78521

Загальні витрати для виробництва контрольного зразка – 14168525 грн

Загальні витрати для виробництва експериментального зразка – 10873521 грн

Вартість виробництва експериментального зразка дешевше на 3295004 грн

Продаж експериментального зразка паштетів – ціна 280 грн за 1 кг, в
 1000000 кг * 280 грн= 280000000

1. Прибуток підприємства

$$P = TP - Cn = \text{тис, грн.};$$

де TP – товарна продукція підприємства,

Cn – собівартість продукції, тис. грн.

$$280000000 - 10873521 = 269126479 \text{ грн}$$

2. Рентабельність

$$R = P / Cn \times 100\%;$$

Cn- собівартість продукції.

$$269126479 / 10873521 = 24,7\%$$

3. Термін окупності

$$T = I / P \text{ року.}$$

I – інвестиції

Pп – Річний прибуток

$$10873521 / 269126479 = 4$$

4. Фондовіддача -витрати на 1 грн. товарної продукції

$$\Phi = \text{Сп/ТП, грн/грн}$$

Сп – собівартість продукції

Тп – товарна продукція

$$10873521/280000000=0,4$$

5. Коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень

$$\text{Ееф}=1/\text{T}$$

T- термін окупності =1

Результати економічної ефективності розроблених продуктів зводимо в таблицю 4.4

Таблиця 4.4

Економічна ефективність впровадження

Номер рецептури	Статті витрат						
	Сировин а і основні матеріали, грн/т	Допоміжні матеріали, грн/т	Виробнич а собівартість, грн.	Оптова ціна за 1 т, грн	Чистий Прибуток за 1 т, грн	Рентабельність, %	КЕФ
Експериментальний зразок	10795000	78521	10873521	280000000	269126479	24,7	1

Розрахунок економічної ефективності показав, що виробництво паштетів за експериментальною рецептурою є економічно вигідним. Загальні витрати на виробництво експериментального зразка склали 10 873 521 грн, що на 3 295 004 грн менше порівняно з контрольним зразком. Продаж 1 000 000 кг експериментального паштету за ціною 280 грн/кг забезпечив отримання товарної продукції на суму 280 000 000 грн. Чистий прибуток підприємства склав 269 126 479 грн, рівень рентабельності досяг 24,7%, а термін окупності інвестицій — лише 4 роки. Коефіцієнт економічної ефективності впровадження нової рецептури дорівнює 1, що підтверджує високий рівень економічної доцільності проекту. Отже, застосування нової рецептури дозволяє знизити виробничі витрати, підвищити рентабельність виробництва та забезпечити стійкий розвиток підприємства.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження органолептичних властивостей сухого порошку хлорели та отриманих з нього водного й спиртового екстрактів показало, що спиртовий екстракт має кращі сенсорні характеристики для використання в м'ясних хлібах. Він забезпечує більш рівномірний колір та менш виражений специфічний запах, що є важливим для формування привабливих споживчих властивостей готового продукту.

Розроблено технологію виробництва м'ясних хлібів із використанням спиртового екстракту хлорели, що передбачає оптимізацію співвідношення основних видів м'ясної сировини (м'яса нутрії та кроля) та введення екстракту у кількості 1–3%. Така технологія дозволила отримати вироби з поліпшеними функціонально-технологічними та органолептичними показниками.

Дослідження функціонально-технологічних властивостей показало, що введення спиртового екстракту хлорели сприяє підвищенню вмісту вологи та водозв'язувальної здатності м'ясних хлібів. Найвищі показники цих параметрів спостерігалися у зразках із 2% та 3% екстракту, що підтверджує позитивний вплив екстракту на утримання вологи у продукті.

Органолептична оцінка м'ясних хлібів виявила, що всі дослідні зразки перевищують контрольний за основними сенсорними характеристиками. Зокрема, зразок №1 із введенням 1% екстракту хлорели отримав найвищу загальну оцінку (4,96 бала), що свідчить про оптимальний баланс кольору, смаку, запаху та консистенції.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Рекомендувати впровадження у виробництво м'ясних хлібів за розробленою рецептурою із використанням спиртового екстракту хлорели «VeganProd» у кількості 1%. Це дозволяє покращити органолептичні показники виробів (зовнішній вигляд, смак, запах, консистенція), забезпечити привабливий колір та підвищити харчову цінність продукції за рахунок збагачення біологічно активними сполуками.

Оптимізувати склад сировини за рахунок використання м'яса кроля (57%) та нутрії (40%), що забезпечує збалансовану текстуру виробу та пом'якшує специфічні властивості хлорели.

Впровадити у виробничий процес розроблену технологічну схему, що передбачає додавання спиртового екстракту хлорели на етапі формування фаршу для рівномірного розподілу активних компонентів у структурі виробу.

Розглянути можливість позиціонування м'ясних хлібів із хлорелою як функціонального продукту, що містить природні антиоксиданти та має оздоровчий ефект, що сприятиме підвищенню попиту на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пешук Л.В., Сімонова І.І. Тренд сучасності – продукція оздоровчого призначення з мікрowodоростями // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького. Серія «Харчові технології». 2022. № 24(97). С. 52–59.
2. Kumar B.R., Mathimani T., Sudhakar M.P., Rajendran K., Nizami A.-S., Brindhadevi K., Pugazhendhi A. A state of the art review on the cultivation of algae for energy and other valuable products: application, challenges, and opportunities // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. Vol. 138. P. 110649. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110649>.
3. Vahtmäe E., Kotta J., Orav-Kotta H., Kotta I., Pärnoja M., Kutser T. Predicting macroalgal pigments (Chlorophyll a, Chlorophyll b, Chlorophyll a + b, carotenoids) in various environmental conditions using high-resolution hyperspectral spectroradiometers // International Journal of Remote Sensing. 2018. Vol. 39. P. 5716–5738.
4. Yokoya N.S., Necchi O., Martins A.P., Gonzalez S.F., Plastino E.M. Growth responses and photosynthetic characteristics of wild and phycoerythrin-deficient strains of *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) // Journal of Applied Phycology. 2007. Vol. 19. P. 197–205.
5. Ji N.K., Kumar R.N., Bora A., Amb M.K., Chakraborty S. An evaluation of the pigment composition of eighteen marine macroalgae collected from Okha coast, Gulf of Kutch, India // Our Nature. 2009. Vol. 7. P. 48–55.
6. Amsler C.D., Fairhead V.A. Defensive and sensory chemical ecology of brown algae. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2006. 314 p.
7. Jormalainen V., Honkanen T. Macroalgal chemical defenses and their roles in structuring temperate marine communities // In: Algal Chemical Ecology / ed. C.D. Amsler. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008. P. 57–89. ISBN 978-3-540-74181-7.

8. Pavia H., Toth G.B. Influence of light and nitrogen on the phlorotannin content of the brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* // *Hydrobiologia*. 2000. Vol. 440. P. 299–305.
9. Sobhan R., Sternberg S.P.K. Cadmium removal using *Cladophora* // *Journal of Environmental Science and Health Part A*. 1999. Vol. 34. P. 53–72.
10. Bačkorová M., Maslaňáková I., Bačkor M. Copper uptake and copper-induced physiological changes in the marine alga *Cladophora prolifera* (Roth.) Kütz. (Chlorophyta, Ulvophyceae) // *Brazilian Journal of Botany*. 2016. Vol. 39. P. 447–452.
11. Ebadi A.G., Hisoriev H. The prevalence of heavy metals in *Cladophora glomerata* L. from Farahabad region of Caspian Sea—Iran // *Toxicological and Environmental Chemistry*. 2017. Vol. 99. P. 883–891.
12. Zbikowski R., Szefer P., Latała A. Comparison of green algae *Cladophora* sp. and *Enteromorpha* sp. as potential biomonitors of chemical elements in the southern Baltic // *Science of the Total Environment*. 2007. Vol. 387. P. 320–332.
13. Akin H.K., Ünlü E. Cadmium accumulation by green algae *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (Chlorophyta) in presence of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) // *Toxicological and Environmental Chemistry*. 2013. Vol. 95. P. 1565–1571.
14. Rinawati M., Sari L.A., Pursetyo K.T. Chlorophyll and carotenoids analysis spectrophotometer using method on microalgae // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 441. P. 012056.
15. Torres-Tiji Y., Fields F.J., Mayfield S.P. Microalgae as a future food source // *Biotechnology Advances*. 2020. Vol. 41. P. 107536.
16. Tolpeznikaite E., Bartkevics V., Ruzauskas M., Pilkaityte R., Viskelis P., Urbonaviciene D., Zavistanaviciute P., Zokaityte E., Bartkiene E. Characterization of macro- and microalgae extracts bioactive compounds and micro- and macroelements transition from algae to extract // *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 2226. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10092226>.
17. Басараб І.М., Драчук У.Р., Ромашко Ш.С., Галух Б.І., Сімонова І.І., Молдаванова Л.К. Використання м'якуша гарбуза у технології паштетних

виробів та їх функціональні характеристики // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2019. Т. 21. № 21(92). С. 23–27. ISSN 2413-5550.

18. Божко Н.В., Тищенко В.І., Пасічний В.М. Оптимізація рецептури м'ясних хлібів з використанням гідробіонтів // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2017. Т. 1. № 80. С. 38–42.

19. Сліпченко А.О., Штонда О.А. Застосування гідроколоїдів у м'ясних системах // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2012. Т. 14. № 2. С. 271–274.

20. Peshuk L.V., Hnashchuk O.I., Moskaliuk O.Ye. Perspektyvy vykorystannia kultyvovanykh hrybiv u innovatsiinykh miasnykh produktakh // Обладнання та технології харчових виробництв. 2014. Вип. 32. С. 171–180.

21. Syahrul, Dewita. Health food supplements (“Health Food”) highly nutritious from Chlorella and oil catfish (*Pangasius hypophthalmus*) // Journal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 2016. Vol. 19(3). P. 251–255. DOI: <https://doi.org/10.17844/jphpi.v19i3.14564>.

22. Simonova I., Peshuk L. Influence of different methods of heat treatment on the technology of special purpose meat delicacies // Modern Engineering Problems, Challenges and Modernity. 2020. P. 351–369.

23. Сімонова І.І., Пешук Л.В. Дослідження органолептичних та функціонально-технологічних показників посічених напівфабрикатів // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2019. Т. 21. № 21(91). С. 143–148.

24. Драчук У.Р., Галух Б.І., Басараб І.М., Сімонова І.І., Коваль Г.М. Базові аспекти технології м'ясних виробів з м'яса кролів зі зниженим вмістом нітриту натрію // Географічна освіта і наука: виклики і поступ. Львів, 2023. С. 220–223.

25. Simonova I., Tsizh B., Drachuk U., Halukh B., Basarab I., Koval H., Voloshyn R., Peshuk L. The utilization of new types of marinades based on fruit raw material for use in the technology of semifinished rabbit meat // Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 2024. Vol. 31(2). P. 46–66. DOI: 10.15193/zntj/2024/139/496.

26. Drachuk U., Simonova I., Halukh B., Basarab I., Romashko I. The study of lentil flour as a raw material for production of semi-smoked sausages // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 6(11). P. 44–50. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.148319.

27. Basarab I.M., Drachuk U.R., Romashko I.S., Halukh B.I., Simonova I.I., Moldavanova L.K. The use of pumpkin crumbs in pate technology and their functional characteristics // Scientific Bulletin of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies. 2019. Vol. 21(92). P. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9205>.