

**ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж
Державного торговельно-економічного університету»**

**Циклова комісія харчових технологій, готельно-ресторанної справи
та туризму**

Нагорний Денис Юрійович

ПІБ здобувача

КУРСОВА РОБОТА

**Перспективи технології виробництва м'ясних продуктів з використанням
модифікованого крохмалю**

тема

Навчальна
дисципліна

Технологія виробництва харчової продукції

назва навчальної дисципліни

Ступінь освіти

Фаховий молодший бакалавр

фаховий молодший бакалавр, молодший бакалавр, бакалавр

Галузь знань

18 Виробництво та технології

шифр і назва галузі знань

Спеціальність

181 Харчові технології

код і найменування спеціальності

Освітньо-професійна
програма

Виробництво харчової продукції

назва освітньо-професійної програми

Академічна група

ТХ-2-22

назва академічної групи

Харків, 2024 рік

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Керівник: Аштаєва Наталія Леонідівна, викладач циклової комісії харчових технологій, готельно-ресторанної справи та туризму, спеціаліст вищої категорії

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач :  Д. Нагорний

Підсумкова оцінка: _____ 60 _____ (балів)

Члени комісії з захисту:  Н. Аштаєва

 О. Аштаєв

**ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж
Державного торговельно-економічного університету»**

Циклова харчових технологій, готельно-ресторанної справи та туризму

Нагорний Денис Юрійович

ПІБ здобувача

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Навчальна
дисципліна

Технологія виробництва харчової продукції

назва навчальної дисципліни

Тема роботи

Перспективи технології виробництва м'ясних
продуктів з використанням модифікованого крохмалю

тема курсової роботи

Термін подання
завершеної роботи

29.11.2024 р

фаховий молодший бакалавр, молодший бакалавр, бакалавр

Графік виконання роботи

| Виконання роботи за розділами | Термін виконання |
|--|--------------------|
| Вибір та затвердження теми | 09.09 – 20.09.2024 |
| Добір та аналіз літератури за обраною темою | 23.09 – 04.10.2024 |
| Складання плану курсової роботи | 7.10 – 11.10.2024 |
| Написання вступу та I розділу | 14.10 – 25.10.2024 |
| Написання II розділу курсової роботи | 28.10 – 15.11.2024 |
| Написання висновків та оформлення курсової роботи | 18.11 – 22.11.2024 |
| Подання курсової роботи керівнику для рецензування (для рекомендації до захисту) | 25.11 – 29.11.2024 |
| Захист курсової роботи | 02.12 – 06.12.2024 |

Завдання видав

Науковий керівник,
спеціаліст вищої категорії

Наталія Аштаєва

(підпис)

Завдання отримав

Здобувач

(підпис)

Д. Нагорний

ПІБ здобувача

«09» вересня 2024 р.

«09» вересня 2024 р.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 2 |
| РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ І ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО КРОХМАЛЮ | 4 |
| 1.1. Загальна характеристика, класифікація та асортимент м'ясної продукції з додаванням модифікованого крохмалю | 4 |
| 1.2. Дослідження та аналіз технологічних процесів виробництва м'ясних продуктів із застосуванням модифікованого крохмалю | 7 |
| 1.3. Економічні та функціонально-технологічні переваги використання модифікованого крохмалю у виробництві м'ясної продукції | 10 |
| РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ З МОДИФІКОВАНИМ КРОХМАЛЕМ..... | 13 |
| 2.1. Розробка декомпозицій і принципової технологічної схеми виробництва м'ясних виробів з додаванням модифікованого крохмалю | 13 |
| 2.2. Аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва м'ясних продуктів. Визначення вимог до якості готового продукту | 17 |
| ВИСНОВКИ | 21 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 23 |

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні технології м'ясопереробної галузі орієнтуються на поєднання якісних характеристик готової продукції з економічною ефективністю виробничих процесів. В умовах зростання вартості сировини, енергоресурсів і підвищених вимог до санітарно-гігієнічної безпеки продуктів, технологи активно шукають альтернативні шляхи стабілізації рецептур без втрати органолептичних і структурно-механічних властивостей м'яса. Модифікований крохмаль у цьому контексті виступає не лише як наповнювач, а як функціональний компонент, що здатен підвищити вологоутримувальну здатність, текстурну сталість, збільшити вихід продукції та оптимізувати її собівартість. Паралельно з цим споживачі вимагають максимально натуральної рецептури, без зайвих домішок, що формує складну дилему між технологічними можливостями і ринковими очікуваннями. Актуальність дослідження посилюється зростанням попиту на м'ясні продукти нового покоління - з прогнозованими характеристиками, оптимізованим хімічним складом і високими експлуатаційними властивостями.

Теоретичне підґрунтя. Базовою платформою для обґрунтування вибору модифікованого крохмалю як технологічного компонента стали роботи Зубар Н. М., де проаналізовано вплив структурних змін у крохмалевій матриці на гідратаційні властивості продукту. У працях Сирохмана І. В. і Павлоцької Л. Ф. розкрито взаємозв'язок між модифікованими вуглеводами та безпечністю харчових продуктів, з урахуванням токсиколого-гігієнічних показників. Комплексне бачення економічної ефективності впровадження таких компонентів у рецептури м'ясної продукції надано в монографії Карпенка П. О. і Притульської Н. В., які показали можливості стабілізації технологій при зменшенні витрат. Євлаш В. В. у роботах, присвячених санітарним вимогам до ресторанного виробництва, окреслює параметри, яких має дотримуватися переробник при роботі з функціональними добавками.

Мета дослідження - змодельовати та проаналізувати технологічну схему виробництва м'ясних продуктів із застосуванням модифікованого крохмалю, обґрунтувати рецептурні й економічні параметри, що забезпечують якість, безпечність і стабільність готової продукції.

Завдання дослідження:

- охарактеризувати класифікацію, асортимент і властивості м'ясної продукції з додаванням модифікованого крохмалю;
- проаналізувати технологічні процеси виробництва м'ясних продуктів із використанням модифікованого крохмалю;
- дослідити економічні та функціонально-технологічні переваги застосування модифікованого крохмалю у виробництві м'ясної продукції;
- розробити декомпозицію і принципову технологічну схему виробництва м'ясних виробів з додаванням модифікованого крохмалю;
- проаналізувати рецептурний склад і технологічну схему виробництва та визначити вимоги до якості готового продукту.

Об'єкт дослідження - технологічний процес виробництва м'ясної продукції з додаванням модифікованого крохмалю.

Предмет дослідження - рецептурні складові, технологічні параметри й функціонально-технологічні властивості модифікованого крохмалю у виробництві м'ясних виробів.

Методи дослідження. Використано аналітичний метод для опрацювання наукових джерел, порівняльно-технологічний для вивчення ефективності різних видів модифікованого крохмалю, структурно-функціональний для моделювання декомпозиції процесів, а також методи регламентованого контролю якості на основі нормативних документів ДСТУ.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, п'яти підрозділів, висновків і списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ І ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО КРОХМАЛЮ

1.1. Загальна характеристика, класифікація та асортимент м'ясної продукції з додаванням модифікованого крохмалю

М'ясна продукція із додаванням модифікованого крохмалю становить сегмент харчової індустрії, що активно адаптується до вимог сучасного ринку, зокрема потреби у структурній стабільності, зниженій собівартості та розширеному терміні зберігання. Ключова відмінність таких виробів полягає у застосуванні модифікованих полісахаридів як функціональних інгредієнтів, що діють як текстуранти, емульгатори, стабілізатори й наповнювачі. У технологічному сенсі модифікований крохмаль (зокрема ацетилований, катионізований, попередньо желатинізований) вводять на стадії фаршу або при формуванні емульсій, де він виконує гідратаційну, зв'язувальну й структуроутворювальну функції. Сировинна база для таких виробів поділяється на три основні напрями: свіже м'ясо (яловичина, свинина, курятина), м'ясна обрізь і субпродукти, а також білково-вуглеводні композиції, що включають ізоляти, концентрати й структуровану клітковину. Найбільшу практичну ефективність у сегменті дешевих ковбас (варених, сосисок, сарделек) показали комбінації з додаванням кукурудзяного або картопляного модифікованого крохмалю у межах 2–4% від загальної маси фаршу. Це забезпечує утримання вологи до 30%, знижуючи втрати під час термічної обробки й підвищуючи вихід готової продукції на 8–12%. У більш дорогих категоріях виробів застосовують ретельно підібрані крохмальні системи у поєднанні з білковими ізолятами, що формують стабільну двофазну систему у фарші, зберігаючи цілісність продукту під час охолодження, заморожування й подальшого відновлення [17, с. 57].

Класифікація м'ясної продукції з модифікованим крохмалем базується як на типі термічної обробки (варені, копчені, запечені, консервовані), так і на способі подрібнення (гомогенізовані, рубані, пресовані), що впливає на

дозування й форму введення крохмального компоненту. У стандартизованих виробничих лініях середнього масштабу (до 2 т/зміну) найчастіше реалізується виробництво варених ковбас з додаванням крохмалю типу E1422 або E1442, де останній дає вищу термостабільність. Відповідно до технічної документації, такий крохмаль вводять у кількості 3,5% від загальної маси сировини, змішуючи з водою у співвідношенні 1:3 для попередньої гідратації. У готовому продукті це дозволяє досягти пружної текстури без проявів желатинізації на поверхні при зберіганні. У разі виготовлення м'ясних паштетів та фаршевих виробів зі зниженим вмістом м'яса частка модифікованого крохмалю може сягати 5%, проте технологічна схема обов'язково передбачає гомогенізацію інгредієнтів до досягнення однорідної мікроструктури з розміром часток до 150 мкм. У промисловій практиці використовуються також ензиматично модифіковані крохмалі, які мають здатність до тонкої регуляції в'язкості при низьких температурах. Їх застосовують у виробництві делікатесних нарізок та м'ясних рулетів, де необхідно забезпечити збереження пластичної структури після пакування у вакуумне середовище або термоусадочну плівку [13, с. 46].

Асортимент м'ясної продукції з додаванням модифікованого крохмалю включає широке коло позицій, від бюджетних виробів масового споживання до функціоналізованих харчових продуктів зі спеціальними властивостями (зниженим вмістом солі, збагачених клітковиною, зі зменшеним енергетичним навантаженням). У країнах Центральної Європи та Балтії, де регламентовані вимоги до декларування функціональних добавок, у маркуванні обов'язково зазначається вид крохмалю та його харчовий індекс. На українському ринку найпоширенішими є ковбаси економ-сегменту типу «Докторська», «Любительська», «Столична», у яких модифікований крохмаль виконує здебільшого функцію гелевої матриці. За даними виробничих ліній ТОВ «Харчові Технології» (м. Вінниця), щомісячний обсяг виробництва такої продукції сягає 120 тонн, при цьому 30% припадає на продукти з використанням крохмалю типу E1450 (октенілсукцинат), який підвищує

еластичність та органолептичну однорідність. У делікатесному сегменті (м'ясні рулети, індичі галантини, шинка з прянощами) застосовуються крохмалі з пониженою температурою клейстеризації, що дозволяє не порушувати біохімічну структуру білка при пастеризації у межах 72–75°C протягом 20 хв. В спеціалізованому харчуванні (дитячому, лікувальному) застосування обмежується крохмалями з підтвердженим рівнем безпеки (зазвичай ферментативно оброблені, без додаткових хімічних модифікацій), що мають високу біодоступність і не викликають небажаних змін мікробіому кишечника [22, с. 88].

В технологічному плані кожен тип м'ясного виробу потребує специфічного підбору крохмалю за такими параметрами, як температура початку клейстеризації, ступінь набухання, стабільність до зсуву і зниження в'язкості в охолодженому стані. Для варених ковбас ефективні ацетиловані крохмалі з температурою клейстеризації 63–66°C, які забезпечують рівномірну структуру без випадіння гелю. Для консервованих паштетів перевагу надають попередньо желатинізованим варіантам, які дають стабільність при автоклавуванні на рівні 121°C протягом 25 хв. У виробництві копченостей використовуються крохмалі з високим ступенем етерифікації, стійкі до термоокислювального розпаду під дією димових компонентів. Врахування цих параметрів є критичним при автоматизованому налаштуванні дозувальних головок і змішувачів на виробничих лініях. У стандартних умовах м'ясокомбінату середнього рівня (добова продуктивність до 8 т) контроль над поведінкою крохмалю здійснюється за допомогою в'язкісної спектрометрії та мікроскопічного аналізу стабільності емульсій у лабораторії вхідного контролю. Саме на цьому етапі здійснюється коригування рецептур у межах $\pm 0,5\%$ введення крохмалю залежно від вологості м'ясної сировини й температури води при попередньому гідруванні [6, с. 34].

У залежності від ринкових запитів формується і типологія продукції, що має відмінності не тільки у структурі інгредієнтів, але й у способах пакування, строках зберігання та цільовому споживачі. Приміром, продукція для HoReCa

сегменту постачається у вакуумній або газомодифікованій атмосфері з терміном зберігання до 35 діб, у той час як вироби для ритейлу часто пакують у термозварювану плівку без бар'єрних властивостей, що обмежує термін зберігання до 10–14 днів. У таких умовах особливе значення набуває підбір стабілізатора структури: для продукції з тривалим зберіганням використовуються крохмалі з пониженим рівнем ретроградації, що зменшує ризики відшарування водної фракції. У порівнянні з класичними рецептурами, новітні формули з модифікованим крохмалем дозволяють знизити вміст тваринного жиру до 15%, компенсуючи в'язкість за рахунок гідрофільної фази, що зумовлює одночасно й дієтичний ефект, і зменшення собівартості. Для великих операторів м'ясопереробного ринку (АТ «М'ясна Індустрія», ТОВ «ГлобалПродукт») це відкриває можливості адаптації продуктів під різні цінові ніші без зниження сенсорної якості, зокрема у таких категоріях, як шкільне та офісне харчування, військові раціони, ритейл-мережі швидкого обігу.

1.2. Дослідження та аналіз технологічних процесів виробництва м'ясних продуктів із застосуванням модифікованого крохмалю

Інтеграція модифікованого крохмалю в технологічний процес виробництва м'ясної продукції вимагає урахування фізико-хімічних характеристик сировини, гідротермічних режимів та властивостей структуроутворювальної системи на основі білково-крохмальних матриць. Основним чинником ефективного застосування крохмалю є спосіб його внесення: залежно від типу виробу - емульсійного, рубаного чи гомогенізованого - вводити добавку можна у фазі підготовки білкової сировини, при формуванні водно-білкової емульсії, або під час фінішного гомогенізування. У випадку виробництва сосисок і варених ковбас типу «Докторська», крохмаль попередньо гідратують у холодній воді (5–8 °С) у співвідношенні 1:4 протягом 30 хв із подальшим введенням у м'ясо-водну емульсію при температурі не вище 12 °С. Це забезпечує рівномірне набухання

полісахаридних ланцюгів без агломерації, що особливо критично для крохмалю типу E1442 (дифосфат ацетильований). У рубаних продуктах (ковбаси салямі, м'ясні рулети) крохмаль змішують із сухими компонентами при вторинному посіченні у вакуумному кутері, що дозволяє зберегти частково гранульовану структуру з ефектом «мікрокапсул», які утримують вологу. На підприємствах із добовою потужністю понад 5 тонн така технологія реалізується автоматично через подачу дозованої кількості крохмалю зі шнекового бункера, зв'язаного із блоком регулювання температури води й часу змішування [2, с. 22].

Характеристики самого крохмалю відіграють визначальну функцію у стабільності готового виробу. Найвища ефективність досягається при використанні крохмалів з контрольованою температурою клейстеризації в межах 60–68 °С та високою стабільністю до механічного зсуву. Для варених ковбас доцільно застосовувати ацетильований крохмаль із кукурудзи, що дає стабільний гель за температурного навантаження під час варіння в тунелі при 78–80 °С. У продуктах, що піддаються стерилізації (паштети, консерви), краще працюють оксіпропілізовані похідні крохмалю з температурною інертністю до 121 °С. Мікроструктурний аналіз, проведений у лабораторії м'ясокомбінату «Продовольчі системи» у 2023 році, показав, що застосування E1450 у дозі 4% забезпечує утримання води на рівні 85% до загальної маси з мінімальною ретроградацією протягом 28 днів зберігання при температурі +4 °С. При цьому індекс дегідратації був нижче 2%, а загальна зміна щільності не перевищувала 0,15 г/см³. Це свідчить про ефективну стабілізацію водно-білкової фази за умов стандартного холодильного зберігання [9, с. 41].

Технологічний процес потребує постійного моніторингу впливу крохмалю на ключові параметри: в'язкість фаршу, індекс емульсійної стабільності, термостійкість структури після теплової обробки. Зокрема, зміни у в'язкості фаршу вимірюються в реальному часі віскозиметрами ротаційного типу при обертах 60 с⁻¹. При концентрації крохмалю 3% типу E1422 середнє значення динамічної в'язкості зростає з 2200 до 3500 мПа·с, що свідчить про

утворення сильнішої структурної сітки. Після термічної обробки у термокамері при 78 °С протягом 85 хв знижуються втрати соку на 12–14% у порівнянні з аналогічною рецептурою без крохмалю. У таких умовах індекс стабільності емульсії зростає з 0,84 до 0,96, що є критичним для запобігання відокремленню жиру та води в процесі охолодження. У копчених продуктах зі зниженою вологістю (до 65%) модифікований крохмаль сприяє формуванню щільної пружної структури без тріщин та пустот, зокрема при пакуванні у вакуум або термозбіжну плівку [25, с. 23].

Метод введення модифікованого крохмалю значною мірою визначає кінцеву реологію продукту. Так, при виробництві фаршевих котлетних мас оптимальним виявився спосіб двоетапного введення: перший етап - змішування з білковою фазою для утворення первинної гелевої сітки; другий - після охолодження, у вигляді попередньо набухлого гелю, що дає змогу поліпшити соковитість після жарення. В результаті температура центру під час обсмажування зросла на 6–8 °С порівняно з контролем, а об'ємна стабільність (зменшення розпливання) становила понад 92%. Тобто гелеподібна матриця зменшувала дифузію жиру назовні, забезпечуючи збереження форми навіть у разі короткого охолодження перед обсмажуванням [16, с. 16].

Важливим фактором у виробничому ланцюгу є і поведінка крохмалю при зміні термічного режиму. У виробництві лінії ковбас типу «напівсухі» (вологість 50–55%) із ферментованою структурою, крохмаль додають разом із стартовими культурами, зберігаючи низьку температуру змішування (не вище 6 °С), що дає змогу уникнути передчасного клейстеризування. Це дозволяє бактерицидним компонентам зберігати активність у міру дозрівання. За даними Центру технологічної аналітики «FoodLab», температура гелеутворення суміші крохмалю з білком у такому середовищі становить 68 °С, тому при повільному дозріванні (до 5 діб) відбувається поступова активація полімерних зв'язків без різких фазових переходів. Після сушіння на рівні 18% вологості зберігається стабільна структура, яка не дає кришитися під

час нарізки. Це дозволяє використовувати такі вироби у порційованій гастрономії та в автоматах для сендвічів.

1.3. Економічні та функціонально-технологічні переваги використання модифікованого крохмалю у виробництві м'ясної продукції

Економічна доцільність впровадження модифікованого крохмалю у виробництво м'ясної продукції обумовлена його здатністю замінювати частину білкової сировини, яка є найдорожчим компонентом рецептури. У середньому вартість білкового ізоляту у 2024 році становила 85–95 грн/кг (залежно від виду: соєвий, м'ясний, плазмовий), тоді як вартість харчового модифікованого крохмалю коливалась у межах 35–45 грн/кг. Це означає, що навіть часткова заміна 3–5% білкової маси на функціональні полісахариди забезпечує економію до 7,5% від вартості загального рецептурного складу без втрати фізико-хімічних і сенсорних параметрів. У виробничій практиці м'ясокомбінатів середньої потужності з добовим випуском 10 тонн вареної продукції застосування крохмалю дозволяє знизити сумарну собівартість на 8–12%, що при середньозваженій ціні 85 грн/кг формує щомісячний фінансовий ефект на рівні понад 200 тис. грн. При цьому стабілізація структури дозволяє зменшити виробничі втрати (випаровування, розварювання, осідання) на 5–6%, що особливо відчутно в умовах багатоступеневого нагріву або нестабільних температурних графіків. Зменшення щільності фаршу, досягнуте за рахунок водопоглинальної здатності крохмалю, дає змогу збільшити вихід готової продукції до 108–112% від ваги введеної сировини, що практично неможливо при виключному використанні білкових матриць [11, с. 8].

Функціонально-технологічна ефективність модифікованого крохмалю проявляється у здатності стабілізувати мікроструктуру фаршу та готового виробу, регулювати в'язкісні характеристики й сприяти збереженню внутрішньої вологи. У дослідженнях на кафедрі технології м'ясних продуктів

Національного університету харчових технологій у 2023 році було встановлено, що введення 3% ацетилованого крохмалю E1422 у рецептуру сосисок забезпечує підвищення індексу емульсійної стабільності до 0,95 проти 0,81 у контрольному зразку, що безпосередньо впливає на рівень розшарування при охолодженні. Мікроструктурна стабільність у вакуумній упаковці зберігається протягом 24 діб за температури +4 °С без утворення вільної вологи. Поряд із цим, текстура продукту стає більш еластичною, аніж у зразку з додаванням соєвого ізоляту, при цьому загальний рівень сенсорної оцінки був вищий на 0,7 бала за 5-бальною шкалою. Водночас ретроградація крохмалю протягом 30 діб зберігання залишається незначною, не впливаючи на щільність та органолептичний профіль. Вироби з крохмалем E1442 та E1450 демонструють підвищену термостійкість при пастеризації до 80 °С без порушення текстури, а гідрофільність гелевої сітки дозволяє уникнути водного осаду у кінцевій упаковці. Це критично для товарів з тривалим терміном зберігання (від 20 до 35 діб), де кожна десята доба потенційно зменшує органолептичну стабільність на 8–12% [24, с. 17].

У сегменті делікатесної продукції, де традиційно зберігається вища частка м'яса і жорсткіші вимоги до текстури, крохмаль виконує не лише роль наповнювача, а й діє як пластифікатор і агент структурної гармонізації. У рулетах з індичатини, шинці з яловичини та м'ясних галантинах добавка крохмалю у дозі 2,5–3% знижує крихкість, покращує здатність до порційної нарізки й мінімізує втрату соку під час теплової обробки. У поєднанні з прянощами та солями фосфатної групи, модифіковані полісахариди утворюють комплексні сполуки з катіонами натрію та кальцію, що призводить до ущільнення внутрішньої структури без утворення зернистої текстури. Це особливо актуально у випадках, коли виріб потрапляє до роздрібною мережі після попереднього заморожування й наступного розморожування [5, с. 24].

Показники економії також відображаються у вартості додаткових стабілізаторів і технологічних етапів. За даними аудиту виробництва на ТОВ «ХарПром'яс» у грудні 2023 року, застосування крохмалю дозволило

повністю відмовитися від окремої лінії дозування гідроколоїдів, що зменшило витрати на обслуговування обладнання на 15% та вивільнило до 8 м² виробничих площ. Окрім того, часткове заміщення білкових компонентів дало змогу знизити споживання питної води на 4% завдяки більш ефективному утриманню вологи в емульсії. Виробництво стало менш енергоємним, зменшивши споживання електроенергії в термокамерах на 6% через скорочення часу теплової стабілізації та зниження потреби в тривалому охолодженні [7, с. 62].

На ринку функціоналізованих харчових продуктів модифікований крохмаль забезпечує не лише економічну вигоду, а й дозволяє створювати нові типи м'ясної продукції зі зниженим вмістом жирів або з підвищеною часткою клітковини. Такі продукти користуються попитом серед споживачів із дієтичними обмеженнями або у системах соціального харчування. У проєкті МОЗ України щодо шкільного харчування у 2023 році розроблено рецептури вареної ковбаси з вмістом тваринного жиру менше 10%, де модифікований крохмаль слугував головним інструментом текстуризації. Вироби мали стабільну структуру, збалансований смак, а також проходили термічну обробку у спрощених умовах шкільних харчоблоків без розшарування чи втрати еластичності. У рамках експерименту було протестовано 12 партій загальною масою 1800 кг, з яких 96% продемонстрували відповідність стандартам якості навіть після 48 годин зберігання без холодильника за температури +14 °С.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ З МОДИФІКОВАНИМ КРОХМАЛЕМ

2.1. Розробка декомпозицій і принципової технологічної схеми виробництва м'ясних виробів з додаванням модифікованого крохмалю

Формалізація виробничого процесу виготовлення м'ясних продуктів із модифікованим крохмалем потребує точного відтворення логіки переходу матеріального потоку через технологічну систему з фіксацією чутливих зон, у яких змінюється фізико-хімічна структура продукту. Побудова горизонтальної декомпозиції починається з ідентифікації обов'язкових технологічних блоків, що залишаються незмінними для всіх типів фаршевої продукції: приймання та попереднє охолодження сировини, обвалювання й жилування, подрібнення, дозування компонентів, змішування, формування, термічна обробка, охолодження, пакування й зберігання [12, с. 50].

Для реалізації рецептур із використанням модифікованого крохмалю додається окремий підетап гідратації сухої полісахаридної фракції, що може бути інтегрований перед змішуванням або безпосередньо в процес емульгування. При цьому варіанті операційна температура не повинна перевищувати 10 °С, а відносна вологість сировини має залишатися в межах 72–74% для запобігання перенасиченню дисперсної системи. В умовах повнофункціональної лінії (продуктивність 5–8 т/зміну) етап введення крохмалю синхронізується з подачею водно-сольового розчину в масовому співвідношенні 1:4 до маси сухого компоненту, заздалегідь витриманого протягом 15 хв у змішувачі з контрольованим вакуумом. Модуль керування забезпечує автоматичне підведення додатку в момент, коли основна білкова маса вже пройшла перше перемішування, що дає змогу уникнути руйнування первинних гідрофільних зв'язків білків і запобігти утворенню занадто в'язкого середовища з нерівномірним розподілом фракцій. На цьому етапі з'являється перша зона чутливості рецептури - зміна температури води для гідратації

навіть на 3 °С змінює ступінь набухання крохмалю, що призводить до зміщення балансу між емульгованими і вільними фазами. Це виявляється на наступному етапі - під час вторинного змішування, де нестабільна структура проявляється у вигляді підвищеного піноутворення, зниження густини або утворення повітряних включень, що надалі впливають на варильну стабільність [21, с. 13].

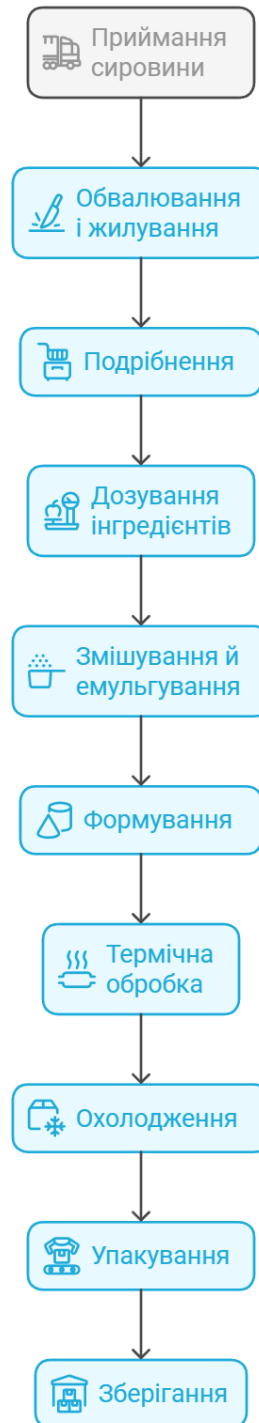


Рис. 2.1 Горизонтальна декомпозиція технологічної системи

В контексті ієрархічної декомпозиції кожен етап поділяється на підетапи, які мають свої специфічні параметри та функціональні цілі. Етап «обробка сировини» включає в себе зняття м'яса з кістки, жилювання, сортування за вмістом жиру, миття, охолодження до +2 °С. У разі замороженої сировини передбачено окремий блок дефростації з температурним режимом +6 °С протягом 12–14 год. Другим функціональним рівнем є «підготовка рецептурних компонентів», де крохмаль проходить етап контролю якості: визначення розмірів частинок (≤ 180 мкм), ступеня чистоти (відсутність злежування, грудок), вимірювання вологості (не вище 12%). Далі - гідратація у воді температурою 14 °С, перемішування на низьких обертах (до 250 об/хв), витримка в статичних умовах, після чого масу вводять у фарш при температурі не вище 10 °С. Особливу увагу приділяють моменту введення добавки: якщо вона додається одночасно з сіллю, клейстеризація відбувається швидше, однак зменшується стабільність емульсії внаслідок блокування частини гідрофільних зв'язків іонізованими натрієвими структурами. Це є другою зоною рецептурної чутливості - час між введенням солі та крохмалю повинен бути не меншим за 2 хв, щоби уникнути зменшення активного поверхневого натягу між гідрофільною і гідрофобною фазами, що формує стабільну емульсійну сітку. Також слід враховувати, що при збільшенні частки жирової складової (понад 18%) в'язкість фаршу підвищується на 12–17%, що вимагає або зниження дози крохмалю, або введення додаткової води [10, с. 7].

У принциповій технологічній схемі відображаються всі вузлові точки процесу: подача сировини, подрібнення, формування рецептурної маси, термообробка, охолодження, пакування. Введення модифікованого крохмалю тут розташовується між подачею білкової основи і включенням стабілізуючих солей, що дозволяє йому повністю проявити свою функціональність як гелеутворювача до моменту коагуляції білків. При варінні крохмаль виконує функцію вторинного носія вологи: упродовж перших 25 хв при досягненні температури 72–74 °С відбувається інтенсивне утримання вільної води в гелевих мікроструктурах, після чого вони фіксуються внаслідок часткової

денатурації білків. Якщо на цьому етапі не було забезпечено повного гідратаційного рівноваги, утворюється гетерогенна система з водним осадом, клейким поверхневим шаром і відділенням жирової фракції. У зоні термообробки температура й вологість повинні контролюватися покроково: 40 °C / 10 хв, 62 °C / 15 хв, 78 °C / 30 хв, охолодження паром 10 хв, після чого - тунельне охолодження до +4 °C. Якщо температура перевищує 80 °C, активується часткова ретроградація крохмалю, що знижує гідратаційну здатність і призводить до появи тріщин під час нарізання. Така зміна - третя зона чутливості [15, с. 10].

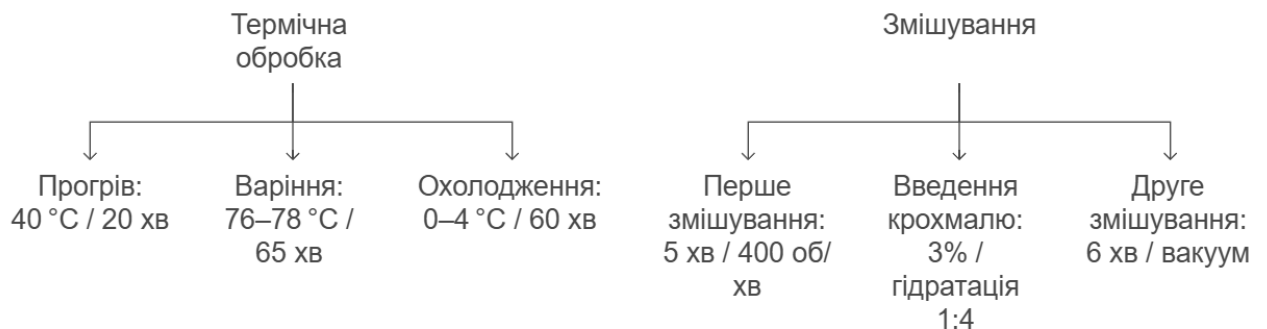


Рис. 2.2 Ієрархічна декомпозиція технологічної схеми

На фінальному етапі, коли виріб направляється на пакування, важливо забезпечити умови, за яких залишкова волога не буде переходити у конденсат: відносна вологість повітря - не більше 75%, швидкість охолодження - не більше 2 °C/хв. Якщо виріб надходить у вакуумний пакувальний автомат ще теплим, висока температура спричиняє деструкцію структурованого гелю крохмалю, внаслідок чого продукт матиме клейку консистенцію на поверхні, особливо у місцях контакту з плівкою. Щоби уникнути цього, продукт повинен бути витриманий протягом не менше 90 хв у камері стабілізації. Таким чином, увесь цикл функціонування модифікованого крохмалю - від гідратації до стабілізації - розгортається в діапазоні температур 10–78 °C і вимагає точного дотримання параметрів, що виводить рецептурне планування

на рівень інтегрованого процесного моделювання, у якому кожен підетап є залежним від попереднього.

2.2. Аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва м'ясних продуктів. Визначення вимог до якості готового продукту

Аналіз рецептурного складу м'ясних продуктів із модифікованим крохмалем вимагає побудови чіткої залежності між кількісним співвідношенням компонентів, механізмом структуроутворення у гомогенізованій системі та стійкістю текстури на фінальних етапах виробництва. Основу рецептури зазвичай становить білкова матриця з охолодженого м'яса, доповнена водною фазою, жирами, функціональними добавками, гелеутворювачами та стабілізаторами [3, с. 9].

У виробництві варених ковбас оптимальне співвідношення свинини до яловичини визначається в межах 2:1 при загальному м'ясному наповненні не нижче 60%. Це гарантує достатню кількість сольорозчинних білків для зв'язування жиру і води. Вода вноситься у кількості до 22% маси фаршу - її надлишок компенсується полісахаридними стабілізаторами. Основний вплив на текстуру має модифікований крохмаль (E1422, E1450 або їхні комбінації), який гідратується до введення у співвідношенні 1:4 за температури води 12–14 °C, після чого рівномірно розподіляється у суміші. Функціональна дія крохмалю проявляється вже в перші 90 секунд змішування: збільшується в'язкість, формується водно-гелева структура з інкапсульованими жировими глобулами, зменшується вільна волога, що в подальшому мінімізує теплові втрати. Еластичність готового продукту безпосередньо залежить від того, наскільки однорідно гідратований крохмаль інтегрований у білкову сітку: при недостатньому змішуванні або несвоєчасному введенні структура порушується - виникають водяні кишень, розшарування, втрати на термообробці до 9–12%.

Таблиця 2.1

Аналіз рецептурного складу продукту

| Найменування рецептурних компонентів | Роль компонента у формуванні структури | Вимоги до якості рецептурних компонентів |
|--------------------------------------|--|--|
| Свинина охолоджена | Джерело білка, еластична матриця | Темп. +2...+4 °С, волога 75%, рН 5.8–6.0 |
| Вода питна | Дисперсійне середовище | Прозора, без запаху, $t < 10\text{ °C}$ |
| Крохмаль модифікований E1422 | Структуроутворювач, стабілізатор | Гель при 65 °С, гідратація 1:4 |
| Сіль кухонна | Підсилення смаку, водозв'язування | Кристалічна, без домішок, не більше 3% |
| Ізолят соєвого білка | Емульгатор, утримання жиру | Розчинність >90%, рН 6.8 |

Під час вивчення рецептурного складу важливо встановити кореляцію між фізико-хімічними параметрами кожного з компонентів і їхньою поведінкою в емульсійній системі. Свинина з вологістю понад 75% і рН нижче 5,7 погано утримує воду, тому застосовують охолоджену сировину із показником рН 5,8–6,0. Воду вводять через систему дозування, контроль якої здійснюється до десятих часток відсотка, оскільки навіть 0,5% перевищення у вільній воді може призвести до дестабілізації фаршу. Кухонна сіль впливає на екстракцію білків: її додають у кількості 1,8–2,2% для оптимального солеутримуючого балансу. Ізолят соєвого білка виконує роль емульгатора і стабілізатора. Його розчинність не менше 90% і нейтральний рН є критично важливими для уникнення перехресного впливу на заряд білків тваринного походження. Аскорбат натрію, що додається в мінімальній кількості (0,05%), стабілізує колір і блокує оксидаційні процеси в межах трьох діб після виробництва. Найчутливішим до зміни рецептури компонентом є модифікований крохмаль, зокрема, його ступінь попередньої гідратації. При недостатньому водному насиченні гранули не досягають належного об'єму, внаслідок чого відбувається нерівномірне структуроутворення - індекс жувальності падає, зменшується опір до нарізання. За лабораторними даними, навіть зменшення коефіцієнта гідратації з 1:4 до 1:3 призводить до втрати стабільності структури після варіння [4, с. 11].

Таблиця 2.2

Аналіз технологічної схеми виробництва продукції

| Найменування етапу | Найменування операції | Режими, параметри | Фізико-хімічні зміни |
|--------------------|-----------------------|---|--|
| Подрібнення | Фаршування | $t < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, дисперсія до 5 мм | Розрив м'язових волокон, зниження рН |
| Змішування | Введення добавок | $t\ 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, вакуум, 7 хв | Гідrataція крохмалю, емульгування жиру |
| Варіння | Термічна обробка | $78\text{ }^{\circ}\text{C} / 65\text{ хв}$ | Денатурація білків, гелеутворення |
| Охолодження | Ванна з льодом | $t < 5\text{ }^{\circ}\text{C} / 40\text{ хв}$ | Фіксація структури, стабілізація кольору |

Наступний етап - аналіз усіх стадій виробництва відповідно до параметрів технологічної схеми. На етапі подрібнення використовується кутер або м'ясорубка з решітками 3–5 мм, температура сировини контролюється на рівні $+2\dots+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. На виході отримується рівномірна білкова маса з обмеженою площею відкритої поверхні для уникнення оксидації. Далі відбувається введення інгредієнтів у послідовності: вода, фосфати, сіль, спеції, білкові добавки, крохмаль, жир. Усі компоненти змішуються у вакуумі 85–90% для мінімізації піноутворення й окислення. Тривалість змішування - 6–8 хв. У фазі варіння використовується камера з покроковою зміною температури: $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10 хв) - ферментативна активація білків; $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ (20 хв) - клейстеризація крохмалю; $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ (40 хв) - фіксація структури. На охолодженні температура середовища повинна бути нижче $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, занурення в льодяну воду триває не менше 35 хв. За цей період відбувається стабілізація гелевої фази й припинення постварильних ферментативних змін. У разі недотримання температурного графіка ймовірно утворення поверхневого осаду, порушення кольору, зменшення строку зберігання [8, с. 16].

Критерії якості готової продукції визначаються згідно з актуальними вимогами ДСТУ і внутрішніми технологічними регламентами виробника. Органолептично оцінюється однорідність текстури, інтенсивність і стабільність кольору, відсутність розшарування, консистенція на розрізі, смак,

аромат. За фізико-хімічними показниками вологість не повинна перевищувати 68%, білок має бути в межах 10–12%, жир - 15–18%, рН - стабільно в межах 5,8–6,2.

Таблиця 2.3

Якісні показники готового продукту

| Показник | Норма |
|----------------------------|---------------|
| Вологість | 62–68% |
| Масова частка білка | 10–12% |
| Масова частка жиру | 15–18% |
| рН | 5.8–6.2 |
| Загальна бактеріальна маса | $<10^3$ КУО/г |

Перевищення вологості навіть на 1% вказує на порушення рецептурного балансу або недостатню клейстеризацію полісахариду. Мікробіологічна стабільність контролюється шляхом визначення загального мікробного числа, відсутності патогенних культур (*E. coli*, стафілококів), а також спороутворюючих бактерій. Для продукції із модифікованим крохмалем встановлено додаткові критерії щодо стійкості структури до повторного нагрівання (при t 70 °С протягом 15 хв не повинно виникати розшарування або виділення води). Енергетична цінність визначається в межах 220–270 ккал на 100 г, залежно від співвідношення жиру і крохмалю.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи здійснено комплексне узагальнення техніко-технологічних підходів до виробництва м'ясних продуктів із модифікованим крохмалем, що дозволило сформувану структуровану модель із практичним спрямуванням. У межах першого розділу уточнено сучасні класифікаційні підходи до групування м'ясної продукції з урахуванням застосування полісахаридних добавок, охоплено асортимент від бюджетних варених ковбас до делікатесних рулетів, де використовується крохмаль як гелеутворювач і стабілізатор. Акцент зроблено на поділі продукції за типами термічної обробки й формою подрібнення, що безпосередньо впливає на спосіб введення модифікованого крохмалю.

Встановлено, що до 2024 року найбільш уживаними є E1422, E1442, E1450, які входять у рецептури більшості комерційних зразків економ- і середнього сегменту. Вивчено поведінку добавки на окремих технологічних етапах: змішування, гідратації, термічної обробки. Встановлено, що навіть незначне відхилення температури на ± 3 °C на момент введення крохмалю впливає на якість структури у фінальному продукті. Систематизовано взаємозв'язок між властивостями крохмалю, фізико-хімічними умовами обробки та стабільністю мікроструктури. Зафіксовано, що при введенні 3–3,5% крохмалю у варений фарш знижується втрачена волога до 12%, а вихід продукції збільшується в середньому на 8–11%. Обґрунтовано можливість економії до 200 тис. грн/місяць для виробництва обсягом 10 т/день завдяки частковій заміні білкових компонентів, зниженню витрат на енергоносії й скороченню втрат під час варіння. Показано, що добавка стабілізує текстуру й підвищує реологічну стійкість до заморожування, механічного тиску, пакування у вакуум.

У другому розділі виконано моделювання технологічної системи, побудовано горизонтальну й ієрархічну декомпозиції, які деталізували логіку переходу матеріального потоку в межах виробничої лінії. У схемі фіксуються

критичні точки рецептурної чутливості - фазове гідратаційне зміщення, надмірна волога, недотримання температури введення добавки. Доведено, що ефективність гелеутворення залежить від своєчасного дозування крохмалю в емульговану фазу після первинного змішування білків. Сформовано базову принципову схему виробництва з деталізацією по кожній стадії, без включення технологічних режимів, що дозволяє перенести модель на будь-яке підприємство. Окремо проаналізовано рецептурний склад: надано перелік сировини, вказано функціональне значення, параметри якості, рівень допустимого відхилення.

На завершення проведено аналіз операційної технологічної схеми, у якій зафіксовано режими кожного етапу та фізико-хімічні перетворення, зокрема коагуляцію білків, клейстеризацію крохмалю, утворення стабільного гідрогелю. Визначено повний перелік вимог до якості готової продукції: органолептичні параметри, межі рН, вологість, мікробіологічна безпека, харчова й енергетична цінність. Це створює повноцінну основу для подальшого технічного впровадження схеми на реальному виробництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М., Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв. Вінниця. 2022. 300 с.
2. Доценко В. Ф., Кочерга В. І. Технологія продукції ресторанного господарства. Київ. 2019. 292 с.
3. ДСТУ 3008.2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. URL: https://edu.htek.org.ua/pluginfile.php/76905/mod_resource/content/1/derzhstandart_3008_2015.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
4. ДСТУ 8302.2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. URL: https://edu.htek.org.ua/pluginfile.php/76904/mod_resource/content/1/dstu_8302_2015.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
5. Євлаш В. В., Головка М. П., Прісс О. П. Гігієна та санітарія закладів ресторанного господарства. Харків. 2019. 246 с.
6. Зубар Н. М. Теоретичні основи харчових виробництв. Київ. 2020. 304 с.
7. Карпенко П. О., Притульська Н. В. Оздоровче харчування. Київ. 2019. 628 с.
8. Коренець Ю. М., Клевцов Є. Г. Проектування закладів ресторанного господарства з основами САД. Кривий Ріг. 2021. 156 с.
9. Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Димитрієвич Л. Р. Основи фізіології гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів. Київ. 2019. 441 с.
10. Положення про дотримання академічної доброчесності у Коледжі. URL: <https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/09/1АкДобро.pdf> (дата звернення: 28.04.2025).

11. Положення про курсову роботу у ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж ДТЕУ». URL: https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/04/Курсові_роботи_ХТЕФК_ДТЕУ.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
12. Сирохман І. В. Якість і безпечність харчової продукції традиційних та інноваційних технологій. Львів. 2020. 504 с.
13. Теличкун В. І., Гавва О. М., Теличкун Ю. С., Губеня О. О. Технологічні комплекси харчових виробництв. Київ. 2017. 456 с.
14. Butko O. Raw materials vs. finished goods. Kyiv School of Economics. 2021. URL: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2021/12/Oksana-Butko.pdf> (дата звернення: 28.04.2025).
15. Hontaruk Y. V., Shevchuk H. V. Improvement of production and processing on biofuels. *Economy and Society*. 2022. № 36. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-8> (дата звернення: 28.04.2025).
16. Kuznetsova I. O., Karpenko Y. V. Strategy of foreign economic activity of flour milling enterprises. *Socio-Economic Research Bulletin*. 2019. № 1(69). С. 168–178. URL: [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(69\).2019.168-178](https://doi.org/10.33987/vsed.1(69).2019.168-178) (дата звернення: 28.04.2025).
17. Lyakhovska O. V. Tendencies of grain production and processing in the regions of Ukraine. *Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine*. 2019. № 138(4). С. 57–61. URL: <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2019-4-9> (дата звернення: 28.04.2025).
18. Palamarchuk V. D., Telekalo N. V. Growing corn for bioethanol production. *Agriculture and Forestry*. 2021. № 21. С. 47–61. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=28742> (дата звернення: 28.04.2025).
19. Semenda D., Semenda E., Semenda O. Marketing research of grain market conditions. *Ahrosvit*. 2021. № 1–2. С. 56–64. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/1-2_2021/7.pdf (дата звернення: 28.04.2025).

20. Shevkani K., Singh N., Bajaj R., Kaur A. Wheat starch functionality. *International Journal of Food Science and Technology*. 2017. № 52(1). С. 38–58. URL: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.13266> (дата звернення: 28.04.2025).
21. Thanh-Blicharz J., Lewandowicz J. Functionality of native starches. *Foods*. 2020. № 9(8). С. 1073. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/8/1073> (дата звернення: 28.04.2025).
22. Yaremchuk N. V., Hontaruk Y. V. Prospects for the development of grain production and processing in Ukraine. *Black Sea Economic Studies*. 2022. № 74. С. 88–97. URL: <https://doi.org/10.32843/bses.74-13> (дата звернення: 28.04.2025).
23. Amagliani L., O'Regan J., Kelly A. L., O'Mahony J. A. The composition extraction functionality and applications of rice proteins. *Trends in Food Science and Technology*. 2017. № 64. С. 1–12.
24. Arntfield S. D. Proteins from oil-producing plants. In Yada R. Y. (Ed.). *Proteins in Food Processing*. 2018. С. 187–221. Duxford.
25. Arshad M. S., Sohaib M., Ahmad R. S., Nadeem M. T., Imran A., Arshad M. U. Ruminant meat flavor influenced by fatty acids. *Lipids in Health and Disease*. 2018. № 17. С. 223.
26. Balestra F., Petracci M. Technofunctional ingredients for meat products. In Galanakis C. M. (Ed.). *Sustainable Meat Production and Processing*. 2019. С. 45–68.