

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ГАРМАШ ОЛЕКСАНДРА МИХАЙЛІВНА**

УДК 637.5.039

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА  
М'ЯСНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРИЙОМІВ**

03.00.20 «Біотехнологія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано в Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Баль-Прилипко Лариса Вацлавівна**,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України,  
декан факультету харчових технологій  
та управління якістю продукції АПК

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Даниленко Світлана Григорівна**,  
Інститут продовольчих ресурсів НААН,  
завідувач відділу біотехнології

доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Циганков Сергій Петрович**,  
Державна установа «Інститут харчової  
біотехнології та геноміки НАН України»,  
заступник директора з наукової роботи;  
завідувач відділу переробки поновлюваної  
сировини та альтернативних палив

Захист відбудеться «14» травня 2021 року о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.004.22 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «12» квітня 2021 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Н. М. Слободянюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Технології комбінованих м'ясних і м'ясовмісних продуктів у всьому світі сьогодні значною мірою змінюються у бік використання ферментних препаратів і біонанотехнологій, замість використання харчових добавок.

Зараз найбільш перспективним і легко впроваджуваним у виробничі схеми виготовлення м'ясних і м'ясовмісних продуктів є використання трансглютамінази, яка може розглядатися як заміна структуроутворювачів, харчових фосфатів, як допоміжний засіб для виготовлення виробів зі зниженим вмістом кухонної солі тощо.

Для ринку м'ясної продукції варені ковбасні вироби є традиційними комбінованими продуктами харчування, що дають змогу якнайраціональніше використовувати тваринну і рослинну сировину. Водночас до якості варених ковбасних виробів, як ні до якої іншої групи м'ясної і м'ясовмісної продукції, споживач не пред'являє настільки високих вимог. Це пояснюється, насамперед, тим, що варені ковбасні вироби в нашій країні належать до продукції повсякденного вжитку, річний обсяг виробництва якої складає понад 1,4 млн т, або 65 % всього обсягу виробництва ковбас і продуктів з м'яса, з яких 25 % припадає на сосиски та сардельки.

Вагомий внесок у розроблення технології м'ясних виробів із використанням рослинної сировини зробили науковці: Л. Баль-Прилипка, В. Пасічний, М. Паска, М. Янчева, Г. Сімахіна та ін. Однак, у доступних літературних джерелах відсутні систематизовані дані щодо впливу комбінування тваринної і рослинної сировини із ферментативною обробкою на якість і безпечність готових ковбасних виробів.

У зв'язку з цим, розроблення технології варених ковбасних виробів на основі використання рослинних інгредієнтів і ферментативної обробки трансглютаміназою є актуальним завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертацію виконано згідно із програмою науково-дослідних робіт кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України за темою «Розробка та удосконалення ресурсозаощаджувальних технологій харчових та кормових продуктів із сировини водного тваринного та рослинного походження» (номер державної реєстрації 0113U000764).

**Мета та завдання дослідження.** Мета роботи – наукове обґрунтування та розроблення технології м'ясних виробів з використанням біотехнологічних прийомів.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

– здійснити моніторинг комплексних властивостей пшеничного білка глютену та ферментного препарату трансглютамінази й експериментально довести перспективність їх застосування у технології м'ясних виробів (варених ковбас і цільном'язової шинки);

- встановити раціональну частку внесення функціональних інгредієнтів, раціональні умови гідратації пшеничного білка для збагачення м'ясних виробів;
- дослідити вплив функціональних харчових інгредієнтів на фізико-хімічні та структурно-механічні властивості модельних фаршевих систем;
- обґрунтувати доцільність використання трансглютамінази в технології багатоконпонентного розсолу для цільном'язових виробів із курятини та дослідити комплексні зміни якості м'ясної сировини під час посолу;
- визначити хімічний склад, функціонально-технологічні, фізико-хімічні, органолептичні властивості, харчову та біологічну цінність м'ясних виробів;
- дослідити в умовах *in vivo* на лабораторних тваринах (мишах) безпечність м'ясних виробів з використанням пшеничного білка глютену та ферментного препарату трансглютамінази;
- удосконалити технологічну схему виробництва м'ясних виробів, збагачених функціональними інгредієнтами з використанням біотехнологічних прийомів;
- розробити нормативну документацію на м'ясні вироби, здійснити промислову апробацію вдосконаленої технології та визначити її економічну ефективність.

*Об'єкт дослідження* – біотехнологія м'ясних виробів (варених ковбас і цільном'язової шинки) з використанням ферментних препаратів і рослинного білка глютену.

*Предмет дослідження* – пшеничний білок глютен Альма-Текс 67, ферментний препарат трансглютаміназа Activa GS, активовані водні середовища.

**Методи дослідження:** загальноприйняті та спеціальні методи визначення фізико-хімічних, функціонально-технологічних, реологічних, мікробіологічних, медико-біологічних, органолептичних показників, а також методи планування експерименту, математичного моделювання, аналітичної обробки дослідних даних з використанням методів математичного моделювання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** За результатами дослідження *вперше*:

- науково обґрунтовано та розроблено технологію м'ясних виробів (варених ковбас, цілом'язової шинки) з використанням ферментного препарату трансглютамінази Activa GS, активованих водних середовищ і пшеничного білка глютену АльмаТекс 67;
- розроблено оригінальну композицію багатоконпонентного розсолу та досліджено динаміку зміни показників активної кислотності і редокс-потенціалу залежно від часу, компонентного складу та матеріалів ємностей у процесі зберігання, проаналізовано ступінь седиментаційної стійкості; визначено перспективність застосування композиції активованого багатоконпонентного розсолу у технології цільном'язових м'ясних продуктів;
- на основі експериментальних досліджень показників якості і безпечності модельних фаршів та готової продукції науково обґрунтовано доцільність комплексного застосування трансглютамінази, активованих водних

систем і пшеничного білка глютену у біотехнології варених ковбас та цільном'язової шинки;

– підтверджено токсико-фізіологічну безпечність готових м'ясних виробів в умовах *in vivo* на лабораторних тваринах (мишах);

– доведено можливість покращення збалансованості амінокислотного складу варених ковбас та цільном'язових виробів на основі традиційних видів м'ясної сировини за умови використання глютену у кількості 2,5 % у складі;

*отримало подальший розвиток* застосування основних положень розробленої біотехнології варених ковбасних виробів для виробництва продукції із застосуванням біологічно активних харчових інгредієнтів.

Новизну одержаних результатів підтверджено патентами на корисні моделі: «Спосіб виробництва вареної ковбаси пролонгованого терміну зберігання» та «Спосіб визначення каталітичної ефективності препарату трансглютамінази».

**Практичне значення одержаних результатів.** За результатами проведеної роботи розроблено рецептуру та технологію варених ковбасних виробів з використанням біотехнологічних прийомів.

Розроблено та затверджено технічні умови на готовий продукт ТУ У 10.1-00493706-043:2017 «Ковбаса варена з трансглютаміназою».

Біотехнологію варених ковбасних виробів впроваджено на м'ясо-переробному комбінаті ТОВ «Титан».

Матеріали дисертації використовуються у науковій роботі і навчальному процесі кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Особистий внесок здобувача.** Автором обґрунтовано тему, сформульовано основні ідеї роботи. Особисто підібрано методики, освоєно методи, на основі чого проведено комплекс аналітичних та експериментальних досліджень у лабораторних і виробничих умовах. Проаналізовано і систематизовано матеріали досліджень, проведено критичний аналіз та статистичну обробку даних, розроблено технічні умови на удосконалено варені ковбасні вироби, підготовлено та оформлено матеріали для патентування. Планування експериментальних робіт і формулювання основних висновків проведено разом із науковим керівником доктором технічних наук, професором Л. В. Баль-Прилипка. Особистий внесок автора підтверджується патентами України, статтями у наукових виданнях і тезами наукових доповідей на проведених в Україні та за кордоном наукових конференціях. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, використано матеріали результатів досліджень, одержаних особисто автором у процесі виконання досліджень.

**Апробація результатів дисертації.** Основні ідеї та результати дисертації доповідалися та обговорювалися, а також здобули позитивні відгуки на: VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів» (м. Львів, 2014 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2014 р.); IV Міжнародній

науково-практичній конференції «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграцій» (м. Київ, 2015 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції» (м. Кам'янець-Подільський, 2016 р.).

**Публікації.** За результатами дисертації опубліковано 14 наукових праць, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої держави, 2 статті в інших виданнях, 2 патенти України на корисну модель, 4 тези наукових доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається з анотацій, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 184 найменування, зокрема 54 іноземних, і додатків. Дисертацію викладено на 167 сторінках, вона містить 37 рисунків і 28 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та завдання досліджень, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача, апробацію розробленої біотехнології, публікації за матеріалами роботи, охарактеризовано структуру й обсяг дисертації.

У розділі 1 «**Передумови та методи розробки біотехнології м'ясних виробів**» розглянуто актуальні тенденції та напрями сучасної м'ясопереробної індустрії. Проаналізовано наукову та патентну літературу з проблем використання досягнень біотехнології в харчовій промисловості, зокрема у виробництві м'ясної продукції, збагаченої дефіцитними нутрієнтами на основі принципів «бар'єрних» технологій. Узагальнення теоретичних даних дало змогу сформулювати основні завдання експериментальних досліджень, спрямованих на досягнення поставленої мети дисертації.

У розділі 2 «**Організація досліджень**» представлено методологічні аспекти наукової роботи, розроблено програму організації досліджень (рис. 1), яка відображає основні напрями та логічний взаємозв'язок етапів експериментальних робіт, визначено об'єкт і предмет дослідження, охарактеризовано сировину та матеріали, які використовуються у процесі роботи, охарактеризовано стандартні та спеціальні методи досліджень та статистичної обробки експериментальних даних.

У розділі 3 «**Визначення технологічних властивостей харчових інгредієнтів**» наведено аналіз фізико-хімічних властивостей трансглютамінази, функціонально-технологічні властивості глютену та обґрунтовано застосування глютену у біотехнології м'ясних виробів. Для формування зразків білкових систем було використано желатин з масовою часткою вологи 16,2 % і препарати трансглютамінази Aactiva® GS. Результати досліджень міцності гелів желатину залежно від тривалості їх формування і масової частки білка у буферному розчині з рН 7,4 за температури 25 °С показали, що 10 % системи

досягають максимальної постійної міцності вже після 10–12 год термостатування.

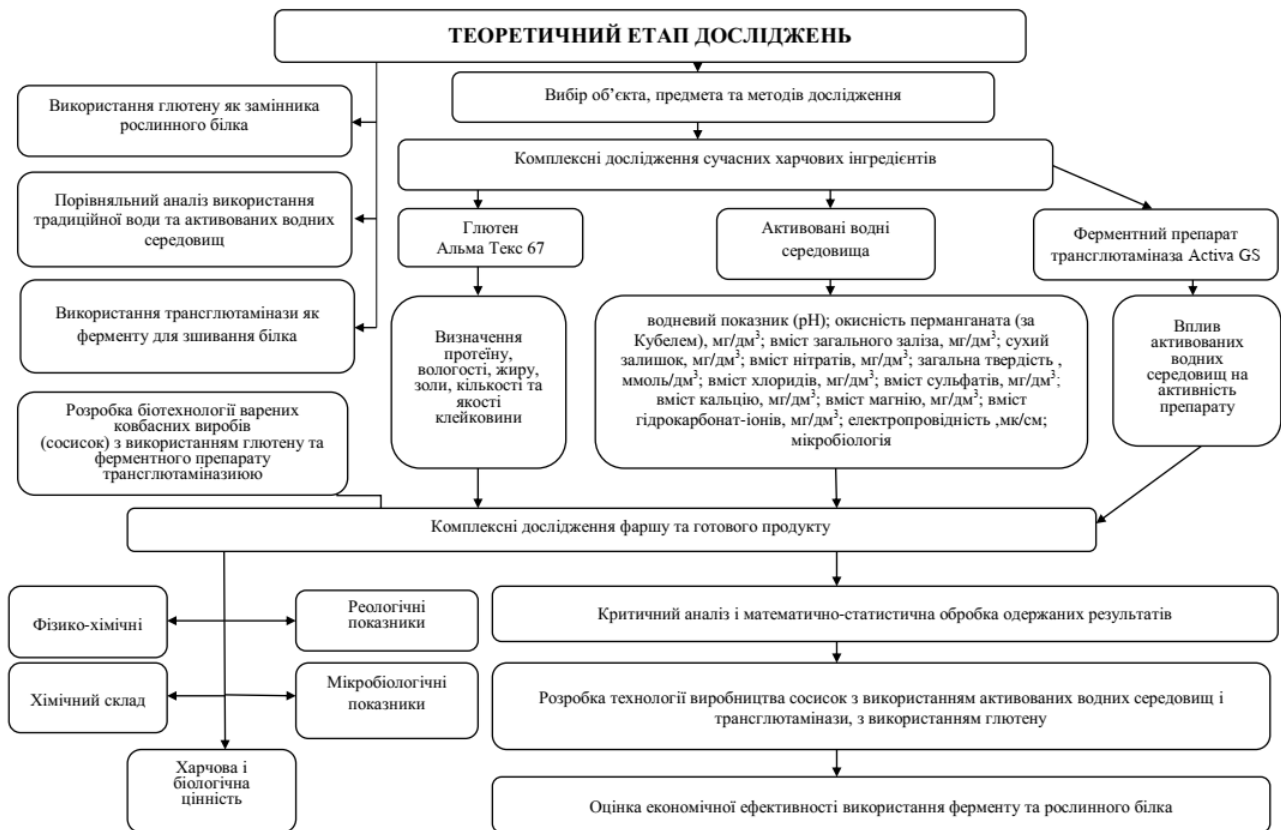


Рис. 1. Програма досліджень

Експериментальні криві, які описують величину пенетрації гелю, отриманого з 10 % розчину желатину з додаванням різної кількості ферментного препарату трансглютамінази Activa® GS після термостатування за температури 50 °С, інактивації та витримування для затвердіння протягом 12 год за температури 25 °С, представлено на рис. 2.

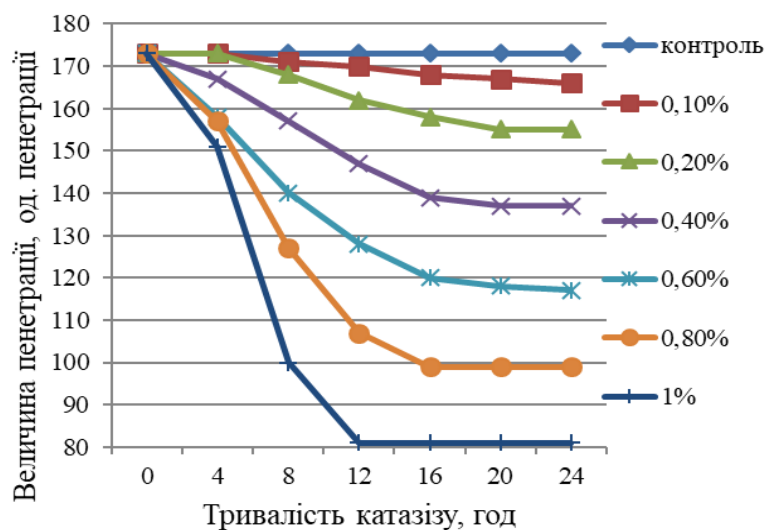


Рис. 2. Зміни пенетрації гелів залежно від різної масової частки трансглютамінази

За результатами проведених досліджень встановлено, що введення в розчин желатину ферментного препарату трансглютамінази приводить до ефективного зниження величини пенетрації гелю, водночас його максимальна міцність для діапазону концентрацій ферментного препарату 0,1–1,0 % розвивається протягом 12–24 год каталітичного процесу.

Аналізуючи показники загального хімічного складу рослинних білків, треба зазначити, що він є важливим компонентом у рецептурах ковбасних виробів. Досить високий вміст протеїну дає переваги у біологічній цінності продукту.

У процесі дослідження функціонально-технологічних властивостей глютену проведено його гідратацію водопровідною та електроактивованою водою. Встановлено, що за використання лужної фракції активованої води вона дає змогу збільшити рН досліджуваних рідких білковмісних систем на 0,71–0,93 од. Дані порівняльного аналізу досліджень з використанням електроактивованої води з рН 7,30–7,80 та питної водопровідної з рН 6,80–7,90 показали, що використання активованої води сприяє збільшенню вологоутримуючої та жирозв'язуючої здатності, порівнюючи з питною водопровідною водою. Встановлено, що для гідратації білкових препаратів ефективніше використовувати лужну фракцію електроактивованої води. За введення гідромодуля у фаршеві м'ясні системи необхідно враховувати рН вихідної сировини, оскільки коливання прямо впливає на якість готових ковбасних виробів.

У розділі 4 «**Наукове обґрунтування та розробка біотехнології варених ковбасних виробів**» представлено експериментальні дані щодо обґрунтування оптимальних доз застосування біологічно активних інгредієнтів у виробництві ковбасних виробів. Як структуроутворюючу добавку використовували ферментний препарат трансглютаміназу ActivaGS, що бере участь в утворенні додаткових зв'язків у білкових молекулах, що в кінцевому підсумку покращує такі органолептичні показники, як щільність і монолітність ковбасних виробів.

Щоб підвищити швидкість обробки жирної сировини під час виробництва продуктів, порівнюючи з традиційними технологіями, використовують активовані водні середовища. У процесі роботи було розроблено 3 рецептури варених ковбасних виробів (сосисок) з використанням ферменту трансглютамінази Activa GS у різних кількостях – 0,06 %, 0,08 і 0,10 % на 100 кг сировини. Білкову добавку на основі глютену вносили в однаковій кількості для всіх рецептур – 2,5 % на 100 кг м'ясної сировини (рис. 3).

Відмінністю розроблених рецептур є додаткове внесення під час складання фаршу пшеничного білка Альма Текс 67, що дає змогу підвищити вихід готового продукту з високими якісними показниками, заміна питної води активованою покращує якість готових продуктів та підвищує стійкість їх під час зберігання, а також трансглютамінази, яка покращує органолептичні показники варених ковбас, а саме їхню консистенцію.

На основі органолептичних досліджень визначено раціональне дозування ферменту трансглютамінази Activa GS у кількості 0,08 %/100 кг сировини (рис. 4).



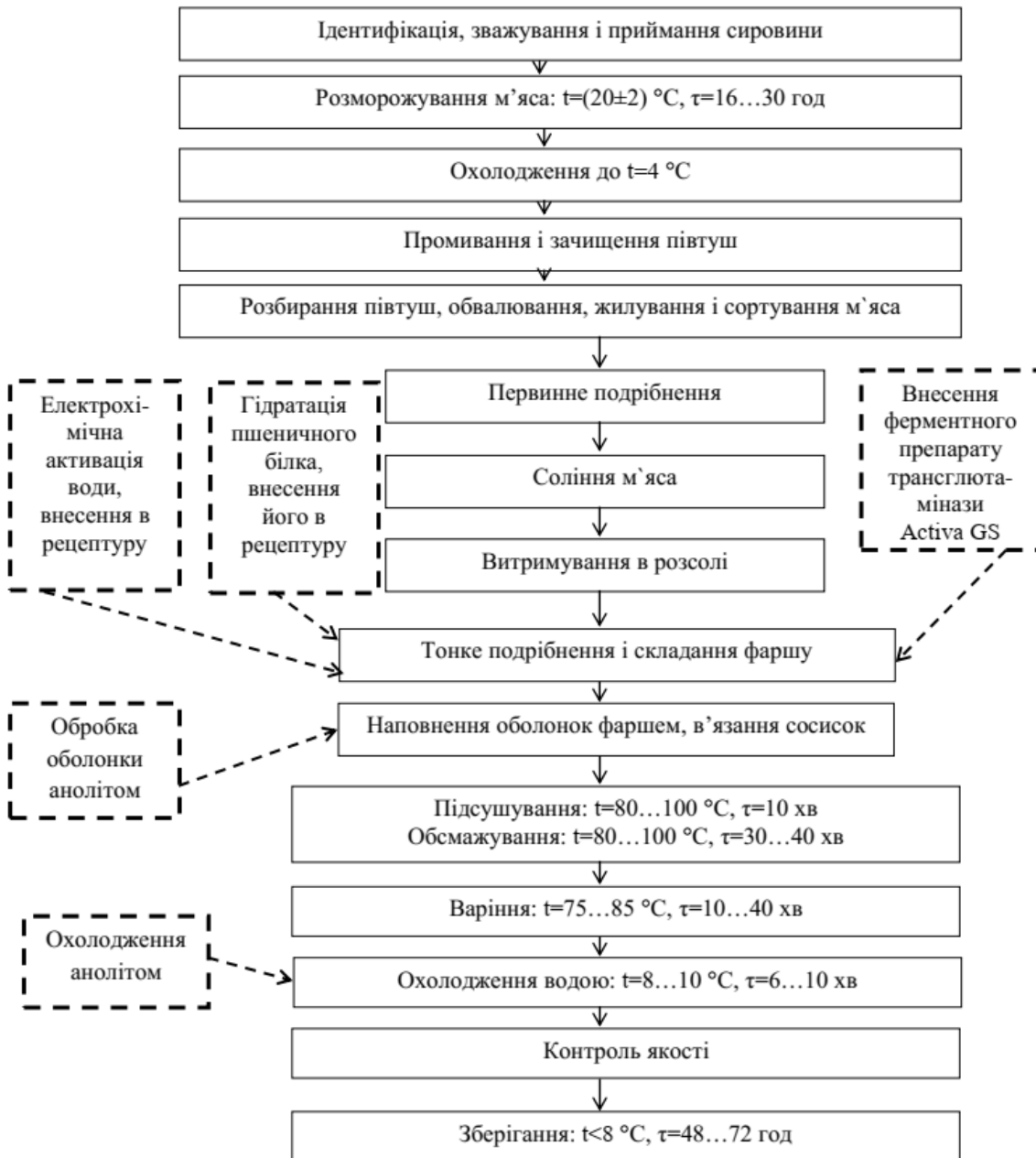


Рис. 3. Технологічна схема виготовлення варених ковбасних виробів

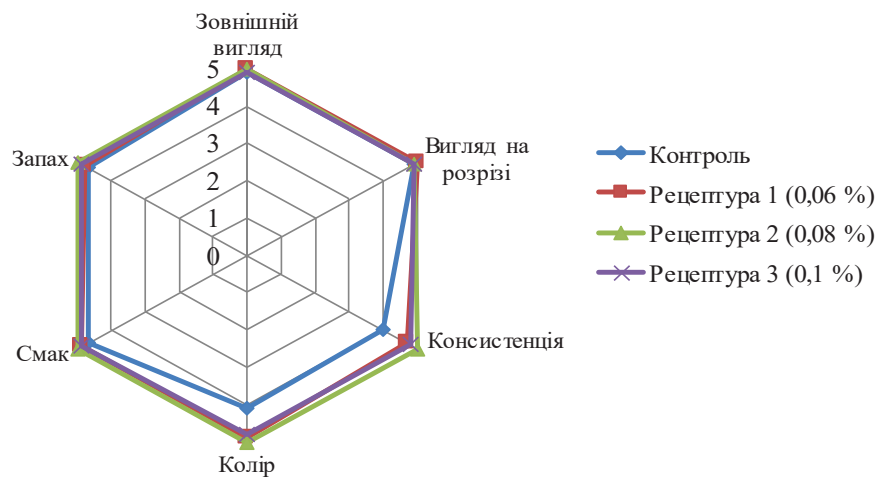


Рис. 4. Результати органолептичної оцінки

У розділі 5 «Визначення показників якості і безпеки модельних фаршевих систем та готової продукції» представлено результати експериментальних досліджень комплексних властивостей фаршів і готових варених ковбасних виробів (сосисок). Виявлено покращення фізико-хімічних, функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей дослідних фаршевих систем, порівнюючи з контрольними.

Здатність пшеничного білка утворювати гідромодуль дає змогу фаршевій системі утримувати більшу кількість реакційно здатної вологи, що підтверджується даними, отриманими після порівняння дослідного і контрольного зразків.

Згідно з результатами досліджень, наведеними в табл. 1, показники вологозв'язувальної здатності дослідного зразка фаршу вищі, ніж контрольного, що пояснюється станом у системі води і глютену.

Таблиця 1

### Функціонально-технологічні характеристики модельних фаршів

Показник	Зразок фаршу	
	контроль	дослід
Вміст вологи, %	57,3±0,29	62,37±0,31
Вологозв'язувальна здатність, % до фаршу	62,5±0,31	65,2±0,33
Вологозв'язувальна здатність, % до загальної вологи	80,4±0,4	89,7±0,45
Зусилля зсуву, Па	9,7±0,05x10 <sup>-6</sup>	4,3±0,02x10 <sup>-6</sup>
Колірність	X=85,3±0,43, Y=80,41±0,4, Z=51,90±0,26	X=66,93±0,33, Y=60,29±0,3, Z=32,43±0,16
Пластичність, см <sup>2</sup> /г	31,32±0,16x10 <sup>3</sup>	26,66±0,13x10 <sup>3</sup>

Дослідження напруги зсуву дослідних зразків також мають кращі показники завдяки наявності в рецептурі трансглютамінази, що покращують структурні і функціонально-технологічні властивості м'ясних систем.

Аналізуючи результати дослідження готових варених ковбасних виробів (сосисок), встановлено, що вміст вологи у дослідних зразках перевищує контроль на 5,07 %, що корелює із результатами визначення функціонально-технологічних властивостей фаршевих систем та обумовлює соковитість продукту, а також пояснюється тим, що водна складова більш міцно зв'язана з білками м'яса. Масова частка білка в готовому продукті збільшилася, порівнюючи з контролем на 17,6 % завдяки внесенню глютену, а вміст нітриту натрію знижується внаслідок дії активованої води.

Деяке зменшення вмісту кухонної солі пояснюється вищим виходом дослідних зразків. Також вірогідно, що під дією енергії активованого водного середовища та біохімічних перетворень у системі завдяки розвитку внесеної мікрофлори процес дисоціації хлориду натрію на іони проходить більш повно. Це сприяє інтенсифікації перерозподілу солі у продукті, більш повноцінному її залученню до реакції кольороутворення, формування смако-ароматичних властивостей, у мікробіологічні й окисно-відновні процеси, внаслідок чого зменшується її залишкова кількість.

Результати розрахунку енергетичної цінності сосисок показали її незначне зменшення у дослідних зразках (3,47 ккал), що пов'язано зі збільшенням вмісту вологи, підвищенням виходу продукції та відповідним перерозподілом основних нутрієнтів по об'єму.

Дані дослідження якісного складу ліпідів варених ковбасних виробів свідчать про наявність в останніх всіх життєво необхідних жирних кислот, зокрема поліненасичених – лінолевої, ліноленової та арахідонової, які не синтезуються організмом людини (рис. 5).

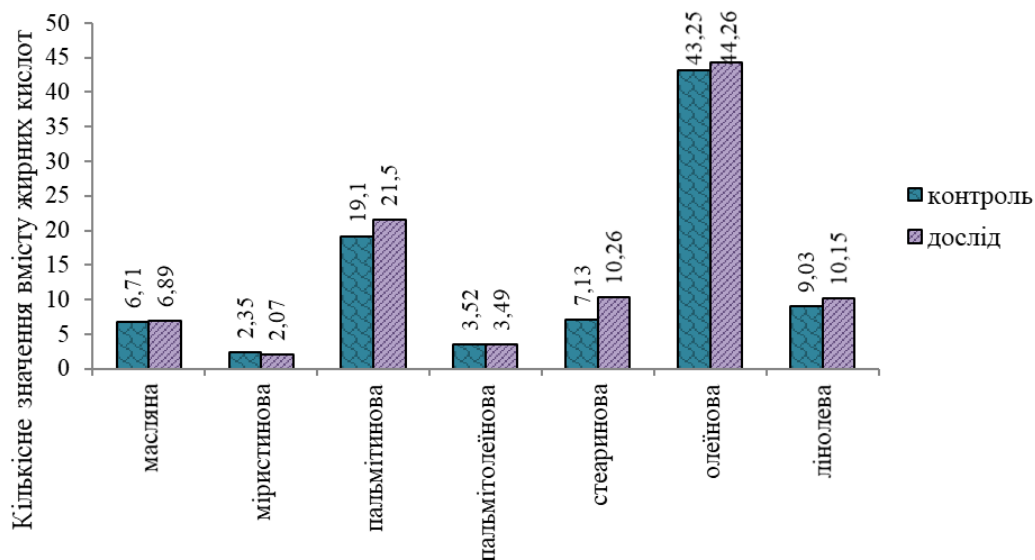


Рис. 5. Жирнокислотний склад контрольного та дослідного зразків готових ковбасних виробів

Вміст насичених жирних кислот у ліпідах контрольного зразка варених ковбас був меншим, ніж у дослідному зразку через пальмітинову та стеаринову кислоти і становив 36,49–42,57 %. Сума мононенасичених жирних кислот складає від 47,98 до 52,00 % із переважаючим вмістом олеїнової кислоти. Сумарний вміст поліненасичених жирних кислот у зразках варених ковбас істотно нижчий, порівнюючи з іншими групами кислот, і становить від 9,79 до 16,46 %. Проте треба зауважити, що в дослідних зразках сума біологічно ефективних жирних кислот вдвічі більша, ніж у контрольних зразках.

Структурно-механічні та функціонально-технологічні властивості варених ковбасних виробів зумовлені просторовим розподілом білків, ліпідів і води в системі, а також формою та міцністю зв'язків між ними.

Результати проведених досліджень пенетрації показують, що значення граничного напруження зсуву готового продукту у контрольному зразку збільшується у 5,5 раза, а у дослідних зразках – в 10–11 разів, що підтверджує наукове обґрунтування дії ферменту трансклятамінази на м'ясні фаршеві системи у процесі термооброблення (рис. 6, 7).

На підставі результатів експериментальних досліджень встановлено, що використання рослинного білка та ферменту позитивно впливає на реологічні показники фаршів і готових м'ясних продуктів, а активованої води – католіту – на мікробіологічне середовище готового продукту.

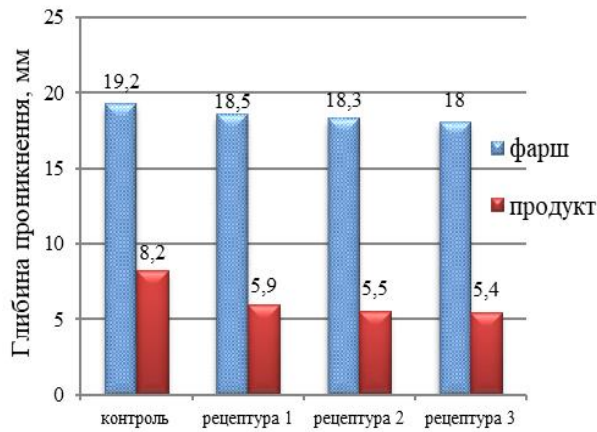


Рис. 5. Пенетрація фаршевих систем і готових варених ковбасних виробів

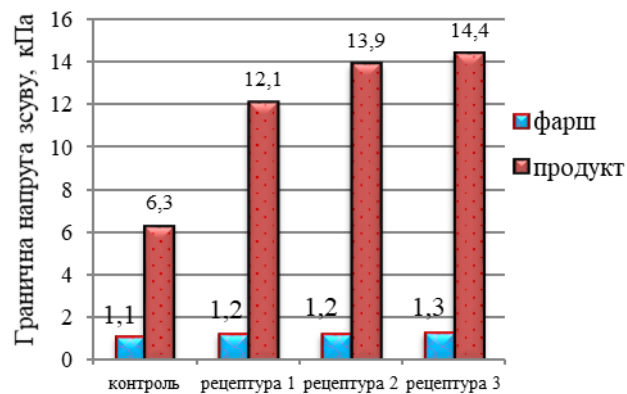


Рис. 6. Граничне напруження зсуву фаршевих систем і готових варених ковбасних виробів

Для більш повного вивчення впливу трансглютамінази на органолептичні показники готового продукту, а саме консистенцію, було досліджено показники пенетрації у процесі зберігання готового продукту протягом всього строку його зберігання та після закінчення (рис. 8).

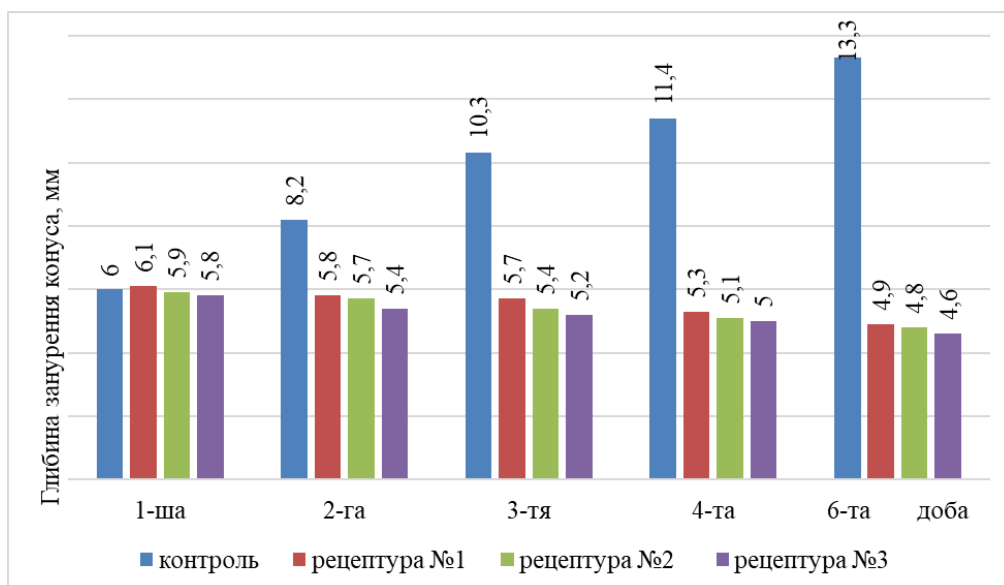


Рис. 8. Глибина занурення конуса під час зберігання ковбас

За результатами проведених досліджень встановлено, що на четверту добу зберігання контрольного зразка глибина занурення конуса збільшується майже у 2 рази, а дослідного за рецептурою №2 зменшується на 13 %, що свідчить про більш щільну консистенцію розробленого зразка завдяки використанню трансглютамінази.

Зниження глибини занурення конуса в готовий продукт на 6 добу зберігання на 1,4 мм та підвищення граничної напруги зсуву з 14,46 до 18,32 кПа, порівнюючи з третьою добою зберігання, свідчить про перевагу використання ферменту для підвищення органолептичних показників розроблених зразків, а саме про збереження щільної консистенції протягом більш тривалого терміну зберігання, ніж це передбачено нормативними документами.

Оскільки візуальна оцінка кольору продукції є суб'єктивною, практичний інтерес становлять інструментальні дослідження колірних характеристик зразків варених ковбасних виробів (сосисок). Результати оцінки колірних характеристик готової продукції представлено в табл. 2.

Таблиця 2

**Колірні характеристики контрольного та дослідного зразка (n=3)**

Зразок	Експериментально визначена формула кольору RGB					
	Контроль			Дослід		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Сосиски «Молочні», в/г	126,89± 0,63	116,56± 0,58	85,89± 0,43	115,3± 0,58	107,49± 0,54	76,23± 0,38

Визначення колірних характеристик у системі колірних координат RGB, перерахованих у формат XYZ, дає технічний результат, який полягає в об'єктивності отриманої інформації щодо кольору готових продуктів дослідного та контрольного зразків.

Застосовувана система координат XYZ дає змогу спростити вимірювання колірних координат та яскравостей, що отримуються у процесі сканування у вигляді показників RGB. Ці показники перераховуємо в значення XYZ, які дають конкретні числа відповідної системи. Використання пшеничного білка вносить у систему світлий відтінок – підтвердженням цього є менші значення XYZ в дослідному зразку.

Зробити висновки про вплив зміни колірності продукту на органолептичні показники можливо лише після проведення органолептичної оцінки (рис. 9). За даними проведених досліджень встановлено, що батони готових ковбасних виробів, як дослідних, так і контрольних зразків, були високої якості та відповідали вимогам чинної нормативної документації. Однак, дослідні зразки відрізнялися від контролю більш щільною, пружною консистенцією, характеризувалися приємним смаком, «благородним» ароматом, властивим кольором. Дослідження варених ковбас під час зберігання проводили за такими показниками: рН, Eh, активністю води  $a_w$ , кислотним та перекисним числами, санітарно-показовою мікрофлорою. Виявлено, що використання біотехнологічних прийомів сприяє сповільненню окисних

змін ліпідів (рис. 10), пригніченню розвитку небажаної мікрофлори та стабілізації фізико-хімічних показників готової продукції під час зберігання.

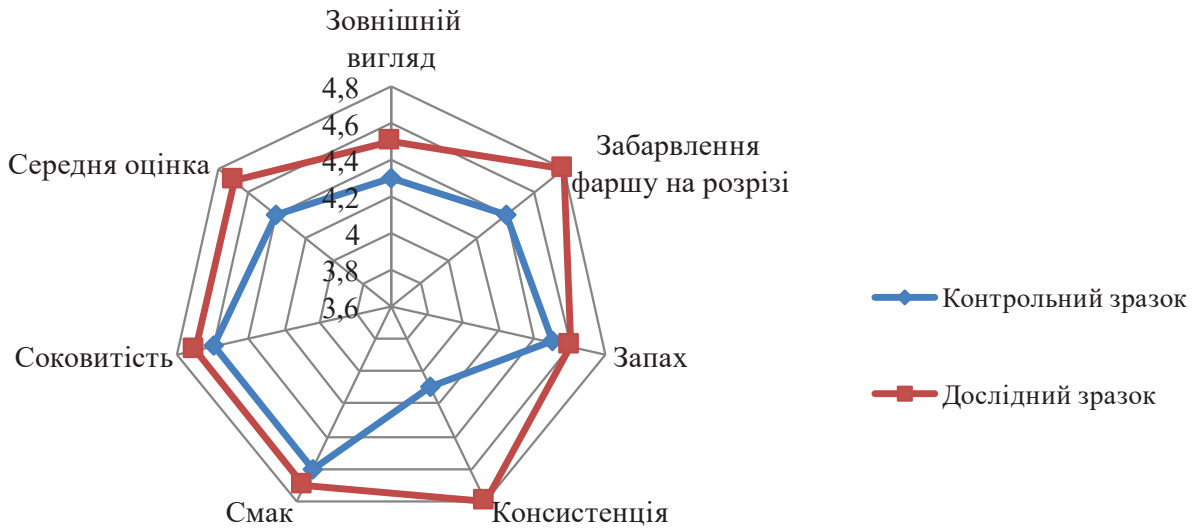


Рис. 9. Профілограма органолептичної оцінки вареного ковбасного виробу

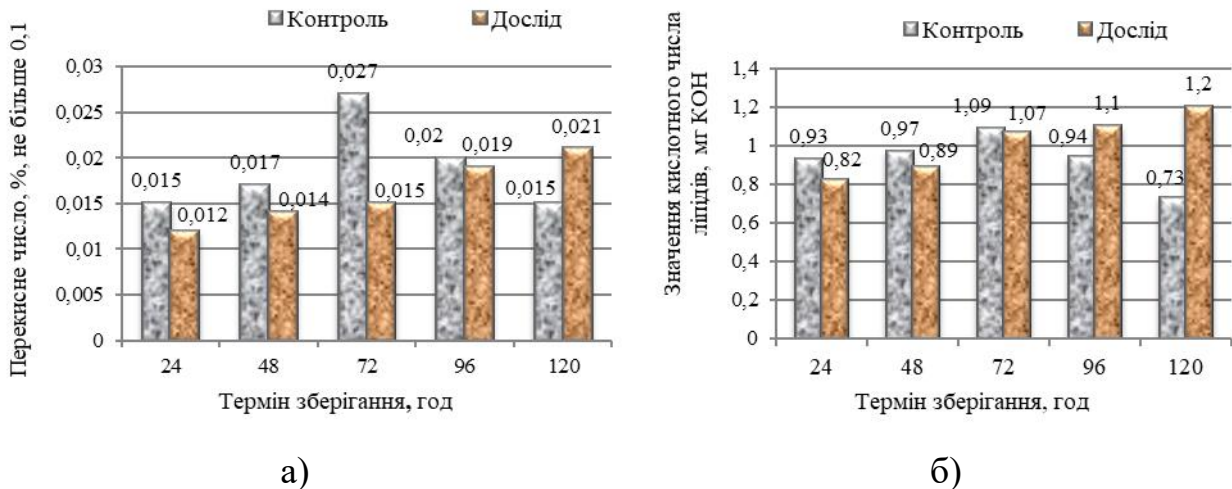


Рис. 10. Динаміка перекисного (а) та кислотного (б) чисел сосисок у процесі зберігання

Підвищення рівня мікробіологічної безпеки відбувається завдяки оптимально підбраній комбінації «бар'єрів», які застосовувалися протягом усього технологічного процесу. Біологічну цінність і безпеку варених ковбасних виробів (сосисок), виготовлених за розробленою біотехнологією, визначали у досліджах «*in vivo*» на лабораторних тваринах. Результати досліджень засвідчили відсутність негативного впливу на вживання дослідних зразків на організм лабораторних тварин.

Однією з найважливіших проблем забезпечення якості приготування фаршу під час виготовлення сосисок є ефективне структурування компонентів

і перемішування їх інгредієнтів. Для вирішення цієї проблеми в дослідженнях застосовували додавання ферментного препарату трансглютамінази та вібраційне перемішування компонентів, що і визначило склад факторного простору досліджуваного процесу.

Основними факторами такого процесу є густина продукції  $\rho$ , коефіцієнт динамічної в'язкості технологічного середовища  $\mu$ , гранична напруга зсуву  $\tau_z$ , зміна концентрації трансглютамінази у сировині  $\Delta C$ , величина коефіцієнта дифузії  $D$  і коефіцієнт масовіддачі у масі завантаження  $\beta$ , вага одного завантаження продукції  $P_z$ , амплітуда  $A$  та частота  $\omega$  коливань силового поля.

Моделювання проводили з використанням другої теорії подібності Федермана-Букінгема та методу «теорії розмірностей». Враховуючи представлений факторний простір та особливості перебігу досліджуваного процесу, було використано такі критерії подібності.

Критерій Фруда можна представити відношенням прискорення силового поля, що наводиться у процесі перемішування низькочастотними коливаннями, до прискорення вільного падіння:

$$Fr = \frac{a_B}{g} = \frac{A \cdot \omega^2}{g}, \quad (1)$$

де  $a_B = A \cdot \omega^2$  – віброприскорення силового поля.

Критерій Ейлера можна визначити за формулою:

$$Eu = \frac{P}{\rho \cdot S \cdot v^2} = \frac{\tau_z}{\rho \cdot A^2 \cdot \omega^2}, \quad (2)$$

де  $P$  – опір середовища, Н;  $S$  – площа силової контактної дії, м<sup>2</sup>;

$\tau_z = \frac{P}{S}$  – гранична напруга зсуву, Па;  $v$  – швидкість потоку технологічного середовища, що сприймає дію силового поля, тому його можна ототожнити з віброшвидкістю:  $v = A \cdot \omega$ .

Критерій Шервуда  $Sh$  класично розраховується як:

$$Sh = \beta \cdot \ell / D = \beta \cdot A / D, \quad (3)$$

де  $\ell$  – характерний розмір за умов досліджуваного масообміну, що можна ототожнити із глибиною проникнення коливального впливу силового поля, тобто з величиною амплітуди вібрацій для досліджуваного процесу приймаємо  $\ell = A$ ;  $D$  – коефіцієнт дифузії, який для фаршевих мас можна прийняти  $D = 0,5 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с.

Коефіцієнт масовіддачі за досліджуваного процесу можна визначити за таким співвідношенням:

$$\beta = m / (t \cdot \Delta C \cdot S) = \tau_z \rho (t \cdot \Delta C \cdot g). \quad (4)$$

де  $t$  – час обробки одного завантаження продукції;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Використовуючи графоаналітичний аналіз експериментальних даних, що входять у параметри (1) – (4) за допомогою методу «аналізу розмірностей», остаточно визначили критеріальне рівняння досліджуваного процесу вібраційного перемішування інгредієнтів ковбасної продукції у вигляді:

$$Sh = Eu^{0,364} \cdot Fr^{(-0,105)} \cdot D_B^{(0,404)} \cdot K, \quad (5)$$

$$K = A^{(-5,721)} \cdot \rho^{(-2,808)}. \quad (6)$$

Представлені числа подібності показують як глибину проникнення коливального впливу силового поля всередині продукції, так і вплив зміни концентрації трансглютамінази у сировині  $\Delta C$  на величину коефіцієнта дифузії  $D$  і коефіцієнта масовіддачі у масі завантаження. Використовуючи складене рівняння (5) та розроблену програму, можна знайти рекомендований ряд параметрів робочого режиму для процесу кутерування в умовах вібраційного впливу на процес перемішування та дії означених факторів у виробництві варених ковбасних виробів.

У сьомому розділі «Розрахунок економічної ефективності» визначено економічну ефективність реалізації виробництва м'ясних виробів із вмістом пшеничного білка глютену, ферменту трансглютамінази, вироблених на базі активованого водного середовища. За результатами розрахунків економічної ефективності впровадження результатів дослідження встановлено, що вихід продукції збільшується на 6%. Завдяки цьому за незмінної ціни дохід збільшується на 12678,7 грн. Повна собівартість виробництва 1 т продукції також збільшується на 1276,97 грн, водночас чистий прибуток зростає на 7616,35 грн, витрати на 1 грн виробленої продукції зменшуються, а рівень рентабельності зростає на 5,0%.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні на підставі аналітичного огляду спеціалізованих літературних джерел сформульовано та доведено доцільність розроблення біотехнології м'ясних виробів із застосуванням комплексних властивостей пшеничної клітковини глютену та ферментного препарату трансглютамінази Activa GS для забезпечення їх високої якості та безпечності.

1. Встановлено раціональну частку ферментного препарату трансглютамінази та пшеничного білка глютену в рецептурі м'ясних виробів (варених ковбас і цільном'язової шинки), що дало змогу покращити показники харчової та біологічної цінності готового продукту.

2. Оптимізовано кількість трансглютамінази Activa GS (0,08% на 100 кг сировини) та білкової добавки на основі глютену (2,5% на 100% сировини) у технології ковбасних виробів, що дає змогу більш раціонально використовувати м'ясну сировину, одержати готові вироби з кращими вологозв'язувальною і вологоутримувальною здатностями, структурно-механічними властивостями, збагачені білком, збалансовані за амінокислотним складом та із нижчою собівартістю.

3. На основі експериментальних даних розроблено оригінальну композицію багатокомпонентного розсолу, з використанням трансглютамінази Activa GS, та досліджено динаміку змін показників активної кислотності та редокс-потенціалу залежно від часу, компонентного складу та матеріалів ємностей у процесі зберігання, проаналізовано ступінь седиментаційної



стійкості; визначено перспективність застосування композиції активованого багатокомпонентного розсолу у технології цільном'язових м'ясних продуктів.

4. На підставі проведених експериментальних досліджень встановлено, що використання досліджуваних харчових інгредієнтів сприяє поліпшенню основних функціонально-технологічних властивостей, біологічної цінності та біологічної ефективності готових м'ясних виробів. Отримані результати стали основою розроблення технології варених сосисок і цільном'язових продуктів.

5. За результатами математичного моделювання процесу перемішування інгредієнтів ковбасних виробів з використанням другої теорії подібності Федермана-Букінгема та методу «теорії розмірностей» було отримано залежності для модифікованих критеріїв Фруда, Шервуда, Ейлера та складено критеріальне рівняння досліджуваного вібраційного процесу, що показує глибину проникнення коливального впливу силового поля всередині продукції, вплив зміни концентрації трансклутамінази у сировині на параметри дифузії та масовіддачі у масі завантаження.

6. Досліджено показники біологічної ефективності рецептур м'ясних виробів методом «*in vivo*» на лабораторних мишах, внаслідок чого встановлено позитивний вплив розробленого продукту на приріст маси тварин, порівнюючи з аналогами.

7. Впровадження запропонованої біотехнології м'ясних виробів сприяє зменшенню собівартості продукту у розрахунку на 1 т готової продукції та зростанню прибутку на 12678,7 грн і рівня рентабельності на 5,0 %.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України,

#### у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Баль-Прилипко Л. В., Гармаш О. М., Леонова Б. І. Інноваційні технологічні рішення при виробництві варених ковбас. Продовольча індустрія АПК. 2012. Вип. 3. С. 13–16. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження інноваційних технологій за виробництва ковбасних виробів, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

2. Баль-Прилипко Л. В., Гармаш О. М. Білково-жирові емульсії у технології варених ковбасних виробів. Продовольча індустрія АПК. 2013. Вип. 3. С. 13–16. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження використання білково-жирової емульсії за виробництва ковбасних виробів, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

3. Баль-Прилипко Л. В., Виннов А. С., Леонова Б. І., Гармаш А. М., Александров Р. В. Ефективність катализа образования изопептидных связей препаратами трансклутамінази. Продовольча індустрія АПК. 2014. Вип. 1. С. 7–10. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження трансклутамінази, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

4. Баль-Прилипко Л. В., Крижова Ю. П., Гармаш О. М. Технологія варених ковбас із застосуванням трансклутамінази. Науковий Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 1 (65). Ч. 4. С. 3–8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження щодо застосування трансглютамінази у технології варених ковбасних виробів, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

5. Баль-Прилипко Л. В., Крижова Ю. П., **Гармаш А. М.** Використання ферментних препаратів при виробництві варених ковбас. Продовольча індустрія АПК. 2017. № 5 С. 11–15. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження щодо використання ферментних препаратів за виробництва варених ковбас, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

#### **Стаття у науковому виданні іншої держави**

6. Баль-Прилипко Л. В., **Гармаш О. М.** Совершенствование технологии производства вареных колбасных изделий с применением биотехнологических приемов. Georgian Engineering News. 2020. № 1. Vol. 90. С. 124–128. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження варених ковбасних виробів, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

#### **Статті в інших виданнях**

7. Баль-Прилипко Л. В., **Гармаш О. М.** Вдосконалення використання жировмісної сировини при виробництві ковбасних виробів. Мясное дело. 2011. № 2. С. 12–13. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження жировмісної сировини за виробництва варених ковбасних виробів, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

8. Баль-Прилипко Л. В., Леонова Б. І., **Гармаш О. М.** Сучасні дослідження властивостей електроактивованих водних середовищ для застосування в м'ясопереробній промисловості. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія. 2013. Вип. 183 (2). С. 258–264. *(Здобувачем проведено дослідження властивостей електроактивованих водних середовищ для застосування в м'ясопереробній промисловості, зроблено висновки та підготовлено статтю до друку).*

#### **Патенти України на корисну модель**

9. Мельничук С. Д., Баль-Прилипко Л. В., Леонова Б. І., **Гармаш О. І.** Спосіб виробництва вареної ковбаси пролонгованого терміну зберігання. Патент на корисну модель № 75918 Україна, МПК (2016.01) A23L 1/31, A23L 1/318. № u201202302; заявлено 27.02.2012; опубліковано 25.12.2012. Бюл. № 24. *(Здобувачем проведено патентний пошук, здійснено порівняльний аналіз існуючих аналогів, узагальнено та систематизовано результати, підготовлено заявку на патент).*

10. Баль-Прилипко Л. В., Віннов О. С., Леонова Б. І., **Гармаш О. І.**, Александров Р. В. Спосіб визначення каталітичної ефективності препарату трансглютамінази. Патент на корисну модель № 90939 Україна, МПК (2016.01) C12N 9/10. № u201401090; заявлено 05.02.2014; опубліковано 10.06.2014. Бюл. № 11. *(Здобувачем проведено патентний пошук, здійснено порівняльний*

*аналіз існуючих аналогів, узагальнено та систематизовано результати, підготовлено заявку на патент).*

### **Тези наукових доповідей**

11. Баль-Прилипко Л. В., Леонова Б. І., **Гармаш О. І.**, Старкова Е. Р. Біотехнологічні прийоми у сучасній м'ясопереробній промисловості. Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів: VI Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Львів, 10–11 квітня 2014 року: тези доповіді. Львів, 2014. С. 62–64. *(Здобувачем вивчено питання біотехнологічних прийомів у сучасній м'ясопереробній промисловості, узагальнено та систематизовано результати).*

12. Баль-Прилипко Л. В., **Гармаш О. І.**, Леонова Б. І., Пархоменко О. П., Машенцева Н. Г. Направленное применение и роль микроорганизмов в технологии мяса и мясных продуктов. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: IV Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 15–16 травня 2014 року: тези доповіді. Київ, 2014. С. 8–10. *(Здобувачем розкрито питання застосування мікроорганізмів у технології м'ясних продуктів, узагальнено та систематизовано результати).*

13. Баль-Прилипко Л. В., **Гармаш О. М.** Дослідження властивостей трансглютамінази та активованих водних середовищ. Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: IV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 24–25 березня 2015 року: тези доповіді. Київ, 2015. С. 77–78. *(Здобувачем досліджено властивості трансглютамінази та активованої води, узагальнено та систематизовано результати).*

14. Баль-Прилипко Л. В., Крижова Ю. П., **Гармаш О. М.** Застосування трансглютамінази та електроактивованих водних середовищ у виробництві варених ковбас. Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Кам'янець-Подільський, 28 жовтня 2016 року: тези доповіді. Кам'янець-Подільський, 2016. С. 15–17. *(Здобувачем вивчено питання використання трансглютамінази та активованої води у технології ковбасних виробів, узагальнено та систематизовано результати).*

### **АНОТАЦІЯ**

**Гармаш О. М. Удосконалення технології виробництва м'ясних виробів з використанням біотехнологічних прийомів.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 03.00.20 «Біотехнологія». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2021.

Дисертацію присвячено вдосконаленню технології м'ясних виробів з використанням біотехнологічних прийомів з метою отримання продукції з покращеними фізико-хімічними, функціонально-технологічними та структурно-механічними властивостями.

У роботі науково обґрунтовано рецептурний склад і вдосконалено технологію м'ясних виробів (варених ковбас, цільном'язової шинки), що дає змогу раціонально використати пшеничний білок глютен і фермент трансглютаміназу та створити комбіновані продукти з підвищеною біологічною цінністю, токсикологічну безпечність яких доведено в умовах *in vivo* на лабораторних тваринах – мишах.

Експериментальним шляхом досліджено вплив активованих водних середовищ на зростаючу здатність білка утворювати гідромодуль, впливати на мікробіологічне середовище готового продукту та підсилювати дію трансглютамінази. Підтверджено здатність ферменту впливати на реологічні показники фаршів і готових м'ясних виробів.

Доведено покращення реологічних показників, структури, мікробіологічних показників м'ясних виробів завдяки внесенню обраних компонентів. На основі отриманих результатів розроблено удосконалену технологію сосисок і цільном'язової шинки з використанням пшеничного білка глютену та ферментного препарату трансглютамінази. Ефективність запропонованої технології підтверджено економічними розрахунками.

Розроблено і затверджено нормативну документацію на ковбаси варені з використанням рослинної сировини. Здійснено впровадження удосконаленої технології на м'ясопереробному підприємстві ТОВ «Титан» та в освітній процес.

**Ключові слова:** біотехнологічні прийоми, варені ковбасні вироби, технологія, якість, безпечність, ферментний препарат трансглютаміназа, пшеничний білок глютен.

## АННОТАЦИЯ

**Гармаш А. Н. Совершенствование технологии производства мясных изделий с использованием биотехнологических приемов.** – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.00.20 «Биотехнология». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2021.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологии мясных изделий с использованием биотехнологических приемов с целью получения продукции с улучшенными физико-химическими, функционально-технологическими и структурно-механическими свойствами.

В работе научно обоснован рецептурный состав и усовершенствована технология мясных изделий (вареных колбас, цельномышечной ветчины), что позволяет рационально использовать пшеничный белок глютен и фермент трансглютаминазу и создать комбинированные продукты с повышенной

биологической ценностью, токсикологическая безопасность которых доказана в условиях *in vivo* на лабораторных животных – мышах.

Экспериментальным путем исследовано влияние активированных водных сред на растущую способность белка образовывать гидромодуль, влиять на микробиологическую среду готового продукта и усиливать действие трансглутаминазы. Подтверждена способность фермента влиять на реологические показатели фаршей и готовых мясных изделий.

Доказано улучшение реологических показателей, структуры и микробиологических показателей мясных изделий за счет внесения избранных компонентов. На основе полученных результатов разработана усовершенствованная технология сосисок и цельномышечной ветчины с использованием пшеничного белка глютена и ферментного препарата трансглутаминазы. Эффективность предложенной технологии подтверждена экономическими расчетами.

Разработана и утверждена нормативная документация на колбасы вареные с использованием растительного сырья. Осуществлено внедрение усовершенствованной технологии на мясоперерабатывающем предприятии ООО «Титан» и в образовательный процесс.

**Ключевые слова:** биотехнологические приемы, вареные колбасные изделия, технология, качество, безопасность, ферментный препарат-трансглутаминаза, пшеничный белок-глютен.

## ANNOTATION

**Garmash O. M. Improvement of meat products production technologies with the use of biotechnological techniques.** – The qualification scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation thesis for the scientific degree of the candidate technical sciences, specialty 03.00.20 «Biotechnology». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the improvement of technologies of meat products using biotechnological techniques in order to obtain products with improved physical and chemical, functional-technological and structural and mechanical properties.

Study scientifically substantiate recipe composition and improved technology of meat products (boiled sausages, whole muscle ham), allowing rational usage of wheat gluten protein and transglutaminase enzyme, and develop new combined products with high biological value, whose toxicological safety is proved in conditions *in vivo* on laboratory animals – mice.

Influence of activated aqueous media on increasing protein ability to form a hydromodule, influencing the microbial environment of the finished product and to enhance the transglutaminase action has been experimentally studied. The ability of the enzyme to influence rheological indicators of minced and finished meat products has been confirmed.

Improvement of rheological indicators, structures, microbiological indicators of meat products has been proved due to the introduction of selected components. Based on the results obtained, the improved technology of sausages and whole muscle ham with the use of a wheat gluten protein and an enzyme preparation – transglutaminase, has been developed. The efficiency of the proposed technology is confirmed by economical calculations.

Normative documentation for boiled sausages using vegetable raw materials has been developed and approved. Improved technology has been implemented on the meat processing enterprise LLC «Tytan», and introduced into the educational process.

**Key words:** biotechnological techniques, boiled sausage products, whole muscle ham, technology, quality, safety, enzyme preparation-transglutaminase, wheat glutenprotein.

Підписано до друку 12.04.2021 року..      Формат 60x84\16  
Ум. друк. арк. 0,9                                      Обл.-вид.арк. 0,9  
Наклад 100 прим.                                      Зам. № 210285

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, тел.: 527-81-55, e-mail: nubip\_druk@ukr.net  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4097 від 17.06.2011