

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГАРМАШ ДМИТРО ВІКТОРОВИЧ

УДК 637.5.032/637.5.039

ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ «SOUS VIDE» ДЛЯ М'ЯСОМІСТКИХ
ПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦІЛЬОВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

181 - Харчові технології
Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____Д.В. Гармаш

Науковий керівник Пасічний Василь Миколайович,
доктор технічних наук, професор

КИЇВ - 2021

АНОТАЦІЯ

Гармаш Д.В. Удосконалення технології «Sous vide» для м'ясомістких продуктів з використанням цільової ферментації – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» - Національний університет харчових технологій, Київ, 2020.

Мета роботи – удосконалення технології Sous Vide для м'ясорослинних продуктів із застосуванням цільової ферментації.

Об'єкт дослідження – технологія Sous Vide для виробництва м'ясомістких та м'ясних продуктів.

Предмет дослідження – м'ясорослинні модельні фаршеві системи, ферментні препарати трансглютамінази, стартові культури *Lactobacillus curvatus*, функціонально-технологічні характеристики, м'ясо курчат-бройлерів.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше досліджено застосування обробки ферментом трансглютаміназою м'яса курчат-бройлерів в комбінуванні з низькотемпературною обробкою.

Встановлено переваги використання суміші триполіфосфатів над використанням цитратних сумішей в технології виробів із м'яса птиці “Sous vide” із використанням трансглютамінази, що проявляється у збільшенні виходу продукту на 11,96 % та вологозв'язуючої здатності готового продукту на 8,9%.

Вперше отримано емпіричні залежності та оптимізовано режими обробки м'яса курчат-бройлерів в умовах низькотемпературної обробки та дозрівання з використанням вакуумного пакування.

Визначено вплив трансглютамінази та обробки за технологією “Sous Vide” на функціонально-технологічні характеристики комбінованих м'ясорослинних продуктів в термінах зберігання до 14 діб.

Підтверджено, можливість взаємодії ферментного препарату трансглютамінази з стартовими культурами роду *Lactobacillus curvatus* при

низькотемпературній обробці м'яса курчат-бройлерів та комбінованих м'ясо-рослинних систем та доведено можливість подовження термінів зберігання м'ясних продуктів, вироблених за технологією *Sous Vide* із застосуванням цільової ферментативної обробки препаратом транsgлютаміназою.

В першому розділі роботи викладено огляд літературних джерел та обґрунтування перспективності застосування цільової ферментації у технології “*Sous vide*”. Мета удосконалення технології “*Sous Vide*” полягає у розширенні асортименту продукції з подовженим терміном зберігання. Розглянута технологія має значні переваги, що проявляються у високих органолептичних характеристиках готових продуктів, оброблених за технологією “*Sous Vide*”, високому виходу даної продукції, а також більш повному збереженню біологічно-активних речовин сировини. Проте, дана технологія має ряд недоліків, серед яких основним є низька ступінь інактивації умовно-патогенної мікрофлори та короткі терміни зберігання готового продукту. Для вирішення даної проблеми було проведено огляд літературних джерел серед провідних публікацій України та зарубіжжя. Внаслідок здійсненого аналізу в якості потенційних ферментів для застосування у даній технології обрано бромелайн, фіцін, папаїн та транsgлютаміназу. З розглянутих в розділі джерел та досліджень можна зробити висновки про те, що використання протеаз мікробіологічного походження в поєднанні з внесенням фосфатних сумішей та термічною обробкою продукту за технологією *Sous Vide* є альтернативою традиційним методам обробки. Таким чином, при побудові експерименту варто враховувати можливість комбінування названих вище технологічних прийомів та передбачити підбір ферментів мікробіологічного походження, які ефективно будуть працювати у діапазоні рН продукту, яке в свою чергу буде знаходитись під впливом фосфатних сумішей.

В другому розділі роботи наведено методики та матеріали, які використовувались в ході виконання дисертаційної роботи. Серед дослідних методів обрано математико-статистичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні та аналітичні. Проведено аналіз наявних в сучасних умовах

методів визначення вологозв'язуючої здатності основної м'ясної сировини, внаслідок чого обрано в якості основного методу метод пресування на фільтр-папері із подальшим визначенням площі вологої плями. Проаналізовано існуючу традиційну технологічну схему виробництва продукції за технологією *Sous Vide*, внаслідок чого виявлено її недоліки, серед яких можна назвати високу тривалість технологічного процесу та короткі терміни зберігання готової продукції. Для вирішення даних проблем запропоновано удосконалену технологічну схему обробки м'ясопродуктів за технологією *Sous Vide*, що додатково включає в себе внесення ферментного препарату трансглютамінази, ін'єктування та тумблювання основної м'ясної сировини. Обрано методи дослідження вхідної сировини, розсолів та функціонально-технологічних показників готової продукції, серед яких дослідження ВЗЗ, ВУЗ та ЖУЗ, виходу та втрат при термічній обробці готових продуктів, а також вмісту вологи у сировині та готовій продукції.

В третьому розділі описано вплив низькотемпературної обробки за технологією *Sous Vide* на різні види м'ясної сировини у рецептурах виробів із застосуванням соусу для регулювання рН, органолептичних показників та пластичності готового продукту. В якості основної сировини обрано м'ясо птиці – стегно та філе курчат-бройлерів, четвертину качки, биток свинячий та яловичину. Оптимальних функціонально-технологічних характеристик вдалося досягнути у зразках із м'яса курчат-бройлерів, у зв'язку з чим в подальших етапах досліджень використано даний вид сировини. Також досліджено показники стабільності та час розшарування розсолів із застосуванням ферментного препарату трансглютамінази, внаслідок чого встановлено позитивний вплив внесення даного препарату на досліджувані показники розсолів унаслідок впливу на білки, наявні у рецептурах розсолів. Проведено вибір та порівняння функціональних інгредієнтів для внесення у розсоли для філе курчат-бройлерів, а саме цитратів та суміші триполіфосфатів. Доведено позитивний вплив внесення суміші триполіфосфатів у поєднанні із обробкою за технологією *Sous Vide* на функціонально-технологічні та фізико-хімічні

характеристики філе курчат-бройлерів. Проведено оптимізацію режимів термічної обробки. Зроблено висновки про те, що вищих функціонально-технологічних показників при обробці сировини за даною технологією вдається досягнути при збільшенні тривалості та зменшенні температури термічної обробки, що збігається із загальноприйнятою теорією та даними попередніх досліджень. Таким чином, оптимальною визнано тривалість обробки від 120 хв при температурі 62 °С.

У четвертому розділі описано вплив ферментативної обробки препаратом трансглютаміназою на характеристики філе курчат-бройлерів протягом 14 діб зберігання. Внесення трансглютамінази у кількості 0,0078 % від маси основної сировини при виробництві м'ясорослинних тефтелей з м'ясом курчат-бройлерів проявляє позитивний вплив на вихід готового продукту та зміну пластичності протягом 14 діб зберігання за температури 4-6 °С. Згідно отриманих коефіцієнтів та рівнянь регресії, внесення трансглютамінази є найбільш вагомим фактором у формуванні функціонально-технологічних та органолептичних характеристик готових продуктів та їх зміні протягом 14 діб зберігання за температури 4-6 °С. Розроблено рецептури м'ясорослинних тефтелей із використанням м'яса курчат-бройлерів та ферментативною обробкою препаратом трансглютамінази у поєднанні з технологією *Sous Vide* та внесенням стартових культур захисної дії *L. Curvatus*. За результатами досліджень розроблено математичні моделі впливу вмісту ферментного препарату та стартових культур на основні функціонально-технологічні характеристики готових м'ясорослинних тефтелей. Встановлено збільшення виходу тефтелей, що містили у своїй рецептурі м'ясо курчат-бройлерів та рис бланшований, на 8,01 %, а також вищі рівні органолептичних та функціонально-технологічних показників готових виробів після 14 діб зберігання.

Проведено апробацію одержаних результатів в промислових умовах, внаслідок чого розроблено нормативну документацію: зміни в ТУ У 15.1-19492247-021-2004 та ТУ У № 10.1-40106387-004:2018. Апробацію результатів

проведено на базі підприємств ТОВ «Фудком», ТОВ «Бабушкин сад», ТОВ «Забіяка», внаслідок чого підтверджено отримані в ході досліджень результати та розроблено удосконалену технологію виробництва м'ясних та м'ясомістких продуктів за технологією Sous Vide.

Ключові слова: технологія “Sous vide”; низькотемпературна обробка; м'ясо птиці; трансглютаміназа; фосфати.

Перелік публікацій здобувача за тематикою дисертаційної роботи

1. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meat-based products technology. Ukrainian journal of food science, 2017, 5, Iss. 2: 231-238.

2. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Вплив застосування технології sous vide на функціонально-технологічні характеристики продуктів на основі різних видів м'ясної сировини. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях, 2019, № 1: 67-74.

3. Пасічний В.М., Гармаш Д. В., Рамік О. С., Кохан, Б.А. Вплив застосування технології Sous Vide на різні види м'яса птиці. Харчова промисловість, 2018, 24: 70-76.

4. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Оптимізація процесу термічної обробки м'яса птиці за технологією Sous Vide із застосуванням фосфатної суміші. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, 2020, 2(4): 96-102.

5. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Вплив режимів термічної обробки на характеристики продуктів із м'яса птиці з використанням цільової ферментації. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях, 2020, № 3 (5): 40-44.

6. Пасічний В. М., Гармаш Д. В., Лободіна Н. Е., Кривобік Р. А. Дослідження органолептичних показників при довготривалому дозріванні м'яса

яловичини. Наукові праці Національного університету харчових технологій, 2019, Т. 25, № 2: 217–224

7. Гармаш Д. В., Пасічний В.М. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Proceedings of university of Ruse, 2019, 58, book 10.2: 123-128.

8. Гармаш Д. В., Пасічний В.М., Кохан Б.А., Жукова М.А. Удосконалення технології «Sous Vide» для продуктів з м'яса птиці. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 85 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій, 11-12 квітня 2019 р, 2019, Ч. 1 : 358.

9. Гармаш Д. В., Кохан Б.А. Використання ферментних препаратів в технології «Sous-vide» для м'яса птиці. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 84-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня, 2018р, 2018, Ч. 1: 330.

10. Гармаш Д. В., Пасічний В.М. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019 : 437.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень [1-7], підготовка матеріалів до публікації [1-7, 10], обговорення та аналіз результатів [1-10], узагальнення отриманих результатів [3-10].

SUMMARY

Garmash D. Improving the “Sous vide” technology for meat-containing products using targeted fermentation. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in the specialty 181 "Food Technology" - National University of Food Technology, Kyiv, 2020.

The aim of the work is to improve the Sous Vide technology for meat and vegetable products using targeted fermentation.

The object of research is Sous Vide technology for the production of meat-intensive and meat products.

The subject of research - meat and vegetable model minced meat systems, enzyme preparations of transglutaminase, starting cultures of *Lactobacillus curvatus*, functional and technological characteristics, meat of broiler chickens.

Scientific novelty of the obtained results. The use of transglutaminase treatment of broiler meat in combination with low temperature treatment was studied for the first time.

The advantages of using a mixture of tripolyphosphates over the use of citrate mixtures in the technology of poultry products "Sous vide" using transglutaminase, which is manifested in an increase in product yield by 11.96% and moisture-binding capacity of the finished product by 8.9%.

For the first time, empirical dependences were obtained and broiler chicken processing regimes were optimized under conditions of low-temperature processing and maturation using vacuum packaging.

The influence of transglutaminase and processing by "Sous Vide" technology on the functional and technological characteristics of combined meat and vegetable products in the shelf life of up to 14 days was determined.

The possibility of interaction of the enzyme preparation of transglutaminase with starting cultures of the genus *Lactobacillus curvatus* in low-temperature processing of broiler meat and combined meat of plant systems was confirmed and

the possibility of extending the shelf life of meat products produced by Sous Vide technology using targeted enzymatic treatment was proved. drug transglutaminase.

The first section presents a review of literature sources and justification of the prospects for the use of target fermentation in the technology "Sous vide". The purpose of improving Sous Vide technology is to expand the range of products with extended shelf life. The considered technology has significant advantages, which are manifested in the high organoleptic characteristics of the finished products processed by the technology of "Sous Vide", the high yield of this product, as well as more complete preservation of biologically active substances of raw materials. However, this technology has a number of disadvantages, among which the main is the low degree of inactivation of opportunistic pathogens and short shelf life of the finished product. To solve this problem, a review of literature sources among the leading publications in Ukraine and abroad was conducted. As a result of the analysis, bromelain, ficin, papain and transglutaminase were selected as potential enzymes for use in this technology. From the sources and studies discussed in this section, it can be concluded that the use of proteases of microbiological origin in combination with the introduction of phosphate mixtures and heat treatment of the product by Sous Vide technology is an alternative to traditional treatment methods. Thus, the construction of the experiment should take into account the possibility of combining the above techniques and provide for the selection of enzymes of microbiological origin that will work effectively in the pH range of the product, which in turn will be under the influence of phosphate mixtures.

The second section of the work presents the methods and materials used during the dissertation. Mathematical-statistical, physico-chemical, functional-technological and analytical methods were chosen among the research methods. The analysis of the methods of determining the moisture-binding capacity of the main meat raw materials available in modern conditions is carried out, as a result of which the method of pressing on filter paper with the subsequent determination of the wet spot area is chosen as the main method. The existing traditional technological scheme of production of Sous Vide technology is analyzed, as a result of which its shortcomings

are revealed, among which it is possible to name high duration of technological process and short terms of storage of finished goods. To solve these problems, an improved technological scheme for processing meat products using Sous Vide technology has been proposed, which additionally includes the introduction of the enzyme preparation of transglutaminase, injection and tumbling of the main meat raw materials. Methods of research of input raw materials, brines and functional-technological indicators of finished products are chosen, including researches of water-holding capacity, moisture ceeping and fat holding capacity, output and losses at thermal processing of finished products, and also moisture content in raw materials and finished products.

The third section describes the effect of low-temperature processing by Sous Vide technology on different types of raw meat in the recipes of products using sauce to adjust the pH, organoleptic characteristics and plasticity of the finished product. The main raw materials are poultry - thighs and fillets of broiler chickens, a quarter of a duck, pork chops and beef. Optimal functional and technological characteristics were achieved in meat samples of broiler chickens, in connection with which this type of raw material was used in further stages of research. The stability and time of stratification of brines with the use of the enzyme preparation of transglutaminase were also investigated, as a result of which the positive effect of this preparation on the studied indicators of brines due to the effect on proteins present in brine formulations was established. The selection and comparison of functional ingredients for inclusion in broth for broiler chicken fillets, namely citrates and mixtures of tripolyphosphates. The positive effect of the introduction of a mixture of tripolyphosphates in combination with processing by Sous Vide technology on the functional-technological and physico-chemical characteristics of broiler chicken fillets has been proved. Optimization of heat treatment modes is carried out. It is concluded that higher functional and technological indicators in the processing of raw materials by this technology can be achieved by increasing the duration and reducing the temperature of heat treatment, which coincides with the generally accepted theory

and data from previous studies. Thus, the optimal duration of processing from 120 min at a temperature of 62 °C.

The fourth section describes the effect of enzymatic treatment with transglutaminase on the characteristics of broiler chicken fillets during 14 days of storage. The introduction of transglutaminase in the amount of 0.0078% by weight of the main raw material in the production of meatballs with broiler chicken meat has a positive effect on the yield of the finished product and changes in plasticity during 14 days of storage at a temperature of 4-6 °C. According to the obtained coefficients and regression equations, the introduction of transglutaminase is the most important factor in the formation of functional-technological and organoleptic characteristics of finished products and their change during 14 days of storage at a temperature of 4-6 °C. Recipes for meatballs with broiler chicken meat and enzymatic treatment with transglutaminase in combination with Sous Vide technology and the introduction of starting cultures of protective action *L. Curvatus* have been developed. According to the research results, mathematical models of the influence of the content of the enzyme preparation and starting cultures on the main functional and technological characteristics of ready-made meatballs are scattered. The yield of meatballs containing broiler meat and blanched rice in their recipe was increased by 8.01%, as well as higher levels of organoleptic and functional-technological indicators of finished products after 14 days of storage.

Approbation of the obtained results in industrial conditions was carried out, as a result of which normative documentation was developed: changes in TU U 15.1-19492247-021-2004 and TU U № 10.1-40106387-004: 2018. The results were tested on the basis of Foodcom LLC, Babushkin Sad LLC, Zabiyaka LLC, as a result of which the results obtained during the research were confirmed and an improved technology for the production of meat and meat products using Sous Vi technology was developed.

List of applicant`s publications on the topic of the dissertation

1. Garmash D. V., Pasichnyi V. M. Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meat-based products technology. Ukrainian journal of food science, 2017, 5, Iss. 2: 231-238.

2. Garmash D. V., Pasichnyi V. M. The impact of the use of sous vide technology on the functional and technological characteristics of products based on different types of raw meat. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : New solutions in modern technologies, 2019, № 1: 67-74.

3. Pasichnyi, V. M., Garmash, D. V., Ramyk, O. S., Kohan, B. A. Impact of Sous Vide technology on different types of poultry meat. Food Industry, 2018, 24: 70-76.

4. Garmash D. V., Pasichnyi V. M. Optimization of the process of heat treatment of poultry meat by Sous Vide technology with the use of phosphate mixture. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies, 2020, 2(4): 96-102.

5. Garmash D. V., Pasichnyi V. M. Influence of heat treatment regimes on the characteristics of poultry products using targeted fermentation. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : New solutions in modern technologies, 2020, № 3 (5): 40-44.

6. Pasichnyi V. M., Garmash D. V., Lobodina N. E., Kryvobik R. A. Investigation of organoleptic parameters during long-term maturation of beef. Scientific works of the National University of Food Technologies, 2019, T. 25, № 2: 217–224

7. Garmash D. V., Pasichnyi V.M. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Proceedings of university of Ruse, 2019, 58, book 10.2: 123-128.

8. Garmash D.V., Pasichnyi V.M., Kohan B.A., Zhukova M.A. Improving Sous Vide technology for poultry products. Scientific achievements of youth - solving the problems of human nutrition in the XXI century: Proceedings of the 85th International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students,

dedicated to the 135th anniversary of the National University of Food Technology, April 11-12 of 2019, 2019, Ч. 1 : 358.

9. Garmash D.V., Kohan B.A. Use of enzyme preparations in "Sous-vide" technology for poultry meat. Scientific achievements of youth - solving the problems of human nutrition in the XXI century: Proceedings of the 84th International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students, April 23-24, 2018p, 2018, Ч. 1: 330.

10. Garmash D.V., Pasichnyi V.M. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019 : 437.

Applicant's personal contribution: conducting experimental research [1-7], preparation of materials for publication [1-7, 10], discussion and analysis of results [1-10], generalization of the obtained results [3-10].

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АПФ - ангіотензинперетворюючий фермент

ВЗЗ – вологозв'язуюча здатність

ВУЗ – вологоутримуюча здатність

ГЦА - гетероциклічні аміни

ДНК - Дезоксирибонуклеїнова кислота

ЖК – жирні кислоти

ЖУЗ – жирутримуюча здатність

КПН - кислий пірофосфат натрію

КУО - кількість колонієутворюючих одиниць

МАФАМ – кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів

МФРКС – мультикомпонентні функціональні розсолні колоїдні системи

ПІ - протеаза кореня імбиря

ТПФН – триполіфосфат натрію

DFD – *dry, firm and dark* – суха, тверда та темна м'ясна сировина, дефект автолізу

FDA – *Food and Drug Administration* - Управління продовольства і медикаментів США

PSE – *pale, soft and exudative* – бліда, м'яка та ексудативна м'ясна сировина, дефект автолізу

SV – *Sous Vide*

XLD – *Xylose Lysine Deoxycholate agar* - ксилозо-лізиновий дезоксихолатний агар

ЗМІСТ

ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ SOUS VIDE	22
1.1 Роль ферментів та ферментних препаратів у виробництві м'ясопродуктів ..	22
1.2 Особливості термічної обробки м'ясної сировини за технологією Sous Vide	32
1.3 Властивості ферментної сировини та їх зміни під впливом термообробки..	40
1.4 Використання фосфатних комплексів для регулювання рН м'ясної сировини	43
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	48
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	49
2.1 Обґрунтування вибору технологічної схеми виробництва	49
2.2 Схема проведення досліджень	52
2.3. Удосконалення технологічної схеми обробки м'яспородуктів за технологією Sous Vide	57
2.4. Методи досліджень	61
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	68
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА РЕЦЕПТУР М'ЯСОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФЕРМЕНТАЦІЇ	69
3.1 Фізико-хімічні та технологічні властивості м'ясної сировини	69
3.2 Розробка рецептур соусів для застосування в технології Sous Vide.....	78
3.3 Вплив обробки за технологією Sous Vide на технологічні властивості м'яса птиці.....	87
3.4 Вплив ферментації на характеристики м'яса птиці при низькотемпературній термообробці.....	100
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	106
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ФЕРМЕНТАЦІЇ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ПРОДУКТІВ З М'ЯСА ПТИЦІ В ТЕРМІНАХ ЗБЕРІГАННЯ.....	108

4.1. Вплив внесення трансглютамінази на характеристики продуктів Sous Vide протягом зберігання	108
4.2. Характеристики м'ясомістких продуктів, оброблених трансглютаміназою	123
4.3. Апробація отриманих результатів	132
4.4. Техніко-економічна ефективність застосування удосконаленої технології	137
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	143
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	146
Список літературних джерел	148
Додаток А	163
Додаток Б.....	165
Додаток В	166
Додаток Г.....	167
Додаток Д.....	168
Додаток Е	169
Додаток Є.....	170
Додаток Ж.....	171

ВСТУП

Актуальність теми. Зважаючи на зміни в світових логістичних та сировинних ланцюжках постачання, актуальним є подовження термінів зберігання м'ясних та м'ясомістких продуктів та розширення їх асортименту. Дана проблематика може бути вирішена шляхом пошуку нових технологій обробки м'ясної та рослинної сировини. Застосування цільової ферментативної обробки може знижувати активність води у сировині, покращувати органолептичні характеристики, приводити до збільшення функціонально-технологічних характеристик готового продукту. Існуюча на даний момент технологія “Sous vide” передбачає термічну обробку сировини у середовищі розрідження за низьких температур. Недоліками даної технології є неповна інактивація умовно-патогенної мікрофлори для деяких видів сировини. Даний недолік може бути вирішений шляхом застосування цільової ферментації, що має позитивні наслідки у вигляді регулювання пластичності та функціонально-технологічних характеристик сировини. Оптимізація процесів термічної обробки за технологією “Sous vide” дозволяє досягнути зростання функціонально-технологічних характеристик готового продукту, знижуючи в свою чергу виробничі витрати на ферментну сировину. Вперше досліджено комбінування застосування ферментативної обробки трансглютаміназою м'яса курчат-бройлерів з термічною обробкою за технологією “Sous vide”.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на базі Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій (НУХТ) в рамках держбюджетної тематики: «Науково-практичне обґрунтування технологій м'ясних та м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання» (ДР №0118U003557).

Мета і задачі дослідження. За мету роботи було поставлено розробити та оптимізувати режими ферментативної обробки та рецептури м'ясних та м'ясомістких продуктів, що обробляються за технологією “Sous vide” із

застосуванням цільової ферментації. Відповідно до поставленої мети вирішувались наступні **завдання**:

- Дослідити ринок ферментних препаратів, переваги та недоліки різних видів та найменувань ферментної сировини, та їх вплив на різні субстрати тваринного та рослинного походження.

- Визначити перелік досліджуваних функціональних інгредієнтів та консервантів, що будуть використовуватись для покращення функціонально-технологічних характеристик та подовження термінів зберігання готових м'ясопродуктів, оброблених за технологією "Sous vide".

- Дослідити вплив оброблення за технологією "Sous vide" та внесення функціонально-технологічних інгредієнтів на органолептичні, фізико-хімічні та функціонально-технологічні характеристики різних видів м'ясої сировини.

- Оптимізувати режими ферментативної та термічної обробки обраного виду м'ясої сировини.

- Дослідити вплив ферментативного оброблення трансглютаміназою на функціонально-технологічні характеристики м'ясомістких продуктів, оброблених за технологією "Sous Vide".

- Дослідити можливість взаємодії ферментного препарату трансглютамінази із стартовими культурами роду *Lactobacillus curvatus* та можливість подовження термінів зберігання готової м'ясої продукції з використанням культур роду *Lactobacillus curvatus*.

- Розробити математичні моделі для визначення впливу досліджуваних ферментних препаратів на зміну функціонально-технологічних характеристик м'ясних та м'ясомістких продуктів протягом терміну зберігання.

- Провести апробацію отриманих результатів в умовах виробництва, розробивши за результатами удосконалену схему виробництва продуктів за технологією Sous Vide та нормативну документацію.

- Провести розрахунок економічного ефекту та обґрунтування соціального ефекту від впровадження удосконаленої технології Sous Vide із застосуванням цільової ферментації

Об'єкт дослідження – технологія Sous Vide для виробництва м'ясомістких та м'ясних продуктів з використанням цільової ферментації.

Предмет дослідження – м'ясорослинні модельні фаршеві системи, м'ясорослинні тефтелі, ферментні препарати трансглютамінази, стартові культури *Lactobacillus curvatus*, функціонально-технологічні характеристики, м'ясо курчат-бройлерів.

Методи досліджень: аналітичні – для пошуку та опрацювання інформаційних джерел, що містять інформацію про важливі наукові досягнення за темою дисертаційної роботи, для аналізу результатів досліджень, виявлення закономірностей та їх узагальнення; емпіричні – для дослідження органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та інших якісних показників предметів дослідження; кваліметричні - для обробки результатів експериментів, математичних та економічних розрахунків, моделювання, прогнозування і комп'ютеризації досліджуваного процесу

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше досліджено застосування обробки ферментом трансглютаміназою м'яса курчат-бройлерів в комбінуванні з низькотемпературною обробкою.

Встановлено переваги використання суміші триполіфосфатів над використанням цитратних сумішей в технології виробів із м'яса птиці “Sous vide” із використанням трансглютамінази, що проявляється у збільшенні виходу продукту на 11,96 % та вологозв'язуючої здатності готового продукту на 8,9%.

Вперше отримано емпіричні залежності та оптимізовано режими обробки м'яса курчат-бройлерів в умовах низькотемпературної обробки та дозрівання з використанням вакуумного пакування.

Визначено вплив трансглютамінази та обробки за технологією “Sous Vide” на функціонально-технологічні характеристики комбінованих м'ясорослинних продуктів в термінах зберігання до 14 діб.

Підтверджено, можливість взаємодії ферментного препарату трансглютамінази з стартовими культурами роду *Lactobacillus curvatus* при низькотемпературній обробці м'яса курчат-бройлерів та комбінованих м'ясо-рослинних систем та доведено можливість подовження термінів зберігання м'ясних продуктів, вироблених за технологією Sous Vide із застосуванням цільової ферментативної обробки препаратом трансглютаміназою.

Практичне значення одержаних результатів. У дисертаційній роботі обґрунтовані режими ефективності використання суміші триполіфосфатів та трансглютамінази, а також результати проведених експериментальних досліджень, що мають практичне значення для харчової промисловості, можуть бути використані у технології виробництва м'ясних та м'ясомістких продуктів за технологією “Sous Vide”.

В результаті проведених досліджень розроблено нормативну документацію – зміни №3 в ТУ У 15.1-19492247-021-2004 «Продукти з яловичини, свинини та м'яса птиці з використанням сумішей харчових фірми «Наша»» та ТУ У № 10.1-40106387-004:2018 «Продукти зі свинини, яловичини та м'яса птиці варені Су-Від».

Соціальний ефект від впровадження удосконаленої технології “Sous Vide” для продуктів із м'яса птиці полягає у подовженні термінів зберігання готової продукції, обробленої за технологією “Sous Vide”, забезпеченні стабільності даної продукції протягом 14 діб зберігання, покращенні органолептичних показників готової продукції та розширенні асортименту продуктів із м'яса птиці, оброблених за технологією “Sous Vide”.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які наведені та виносяться на розгляд у даній дисертаційній роботі, отримані автором самостійно. Отримані результати було викладено автором самостійно у вигляді наукових публікацій, а також у вигляді тез при представленні результатів на конференціях.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації були представлені на 82 та 84-тій міжнародних конференціях «Наукові здобутки

молоді - вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» на базі Національного університету харчових технологій, на конференції «Current trends in the development of science and practice» (15-16 червня 2020 р., Хайфа, Ізраїль). Також результати досліджень пройшли апробацію в умовах виробництва на базі підприємства ТОВ «Фудком». В результаті апробації результатів розроблено нормативну документацію - ТУ У № 10.1-40106387-004:2018 «Продукти зі свинини, яловичини та м'яса птиці варені Су-Від».

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень автора, основні наукові положення і висновки дисертації в достатній мірі висвітлено у 10 наукових працях, у тому числі 7 статей, серед яких 6 - у наукових фахових виданнях України, які включені до наукометричних баз, 1 - у закордонних наукових виданнях; 3 тези доповідей - в опублікованих матеріалах наукових, науково-практичних та науково-технічних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, що містять 126 найменувань, 5 додатків. Основні матеріали роботи викладено на 145 сторінках основного тексту, що містить 38 таблиць та 25 рисунків.

РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ SOUS VIDE

1.1 Роль ферментів та ферментних препаратів у виробництві м'ясопродуктів

Ферменти відіграють ключову роль у процесах життєдіяльності та безпосередньо біохімічних реакціях всіх видів організмів¹. Як зазначено у численних дослідженнях, ферменти прискорюють специфічні взаємодії між визначеними субстратами, що зумовлює великий номенклатурний перелік власне самих ферментів та різноманіття їх асортименту відповідно до специфічного впливу. М'ясна промисловість зазнає викликів, які пов'язані з ростом споживчого попиту на продукти зі специфічними вимогами до якості^{1,2}.

Основним підходом до управління якістю м'яса в процесі автолізу є передзабійна витримка і обробка туші після забою. Автоліз впливає на фізіологічні та біохімічні зміни (за участю ряду ферментів), що підтверджується перетворенням м'язів у їх післязабійному стані в м'ясопродукти відповідної якості³. Інша проблема, що викликає занепокоєння, - це консистенція («ніжність») м'яса, яка є найбільш бажаним сенсорним параметром з точки зору споживача. Існує кілька ендогенних ферментів, таких як кальпаїн і лізосомні катепсина, які відповідають за зниження жорсткості м'яса при дозріванні⁴. Проте, у м'ясній промисловості використовують також екзогенні ферменти, такі як папаїн, бромелайн і фіцін, отримані з рослинних джерел, для досягнення бажаної консистенції м'яса^{3, 5}. Кілька інших джерел, таких як бактерії і гриби, також широко відомі як джерела ферментів для розм'якшення м'яса (особливо протеаз). Протеази можуть бути використані в якості допоміжної сировини для виробництва біоактивних пептидів з метою поліпшення якості м'яса, так як ці пептиди можуть справляти позитивний вплив на здоров'я людини³. Окрім протеаз в технології м'ясопродуктів часто використовують ферменти для впливу на консистенцію готового продукту. З цієї точки зору вирішення технологічних завдань, фермент, відомий як трансглютаміназа, знайшов своє використання в м'ясній промисловості,

оскільки він зв'язує шматки м'яса нижчої сортності, утворюючи цільном'язові продукти бажаного розміру і більш високої якості⁶. Трансглютаміназа широко використовуються в рецептурах різних м'ясних продуктів, оскільки вона дозволяє утворити стабільні поперечні зв'язки між білковими молекулами і проявляє дію в якості сполучного агента⁷.

Варто відзначити також роль ферментів у процесах консервування м'ясної сировини. При використанні ферментів інгібуючого впливу середовища на умовно-патогенну мікрофлору можна досягнути за рахунок домінування впливу протеаз, який в свою чергу пригнічує вплив ферментів, які виділяються під час розвитку мікрофлори^{8,9}. Також важливою є роль ферментів при виробництві ферментованих та сирокочених і сиров'ялених ковбас. Прискорюючи процеси зниження рН та деградації білкових молекул, ферменти спричиняють більш стрімке зниження активності води, таким чином попереджаючи активному розмноженню небажаної мікрофлори. Хоча даний прийом є не завжди більш ефективним у виробництві власне сирокочених ковбас, порівнюючи з використанням стартових культур, але є ключовим етапом для виробництва цілого асортиментного ряду специфічних продуктів.

Повертаючись до теми використання ферментів у технології ковбас варто розглянути роботу колективу вчених з Іспанії⁷. Встановлено пряме відношення між покращенням текстури сухих ферментованих ковбас і поліпшення смаку і структури напівсухих ферментованих ковбас та темпом зменшення вмісту вологи у продукті на стадії дозрівання. Характерний смак ферментованих м'ясних продуктів зумовлений утворенням молочної кислоти і ароматичних сполук з низькою молекулярною масою, таких як пептиди і вільні амінокислоти, альдегіди, органічні кислоти і аміни, що виділяються при протеолізі м'яса. Ендогенна, а також ферментативна активність мікрофлори під час ферментації м'ясних продуктів є причиною утворення кислоти завдяки присутній каталітичній активності вуглеводів, процесам сольобілізації та гелеутворення в міофібрилярних і саркоплазматичних білках м'язової тканини, що також є наслідком деградації білків і ліпідів, відновлення нітратів в нітрити,

утворення нітрозоміоглобіну і наступної його дегідратації. Ліпаза і протеази вважаються важливими для формування аромату готових виробів. Ліпіди є основними складовими (25-55%) ферментованих ковбас, і їх розщеплення під час ферментації грає важливу роль в формуванні сенсорних характеристик.¹⁰ Загалом існує два типи розщеплення ліпідів, а саме гідроліз і окислення з утворенням вільних жирних кислот.

В останні роки протеази знайшли своє застосування в якості стандартних біокаталізаторів у багатьох промислових процесах в різних областях, серед яких - фармацевтика, медицина, виробництво миючих засобів і харчові технології.^{11, 12} Серед них папаїн, безсумнівно, є однією з найбільш детально вивчених і широко використовуваних протеаз з точки зору харчової промисловості в усьому світі. Таким чином, папаїн можна розглядати в якості універсального ферменту для застосування при переробці усіх поширених видів м'ясної сировини. Проте, використання папаїну має певні недоліки. Серед них варто виділити такі, як – недостатнє проникнення ферменту в товщу м'язової тканини, що призводить до нерівномірного розм'якшення готового виробу, також відносно високу собівартість ферментативних препаратів на основі папаїну та необхідність введення високої концентрації ферменту для досягнення бажаної консистенції^{12, 13}. Виходячи з наведених недоліків, нами вбачається два можливі шляхи їх мінімізації – комбінування використання папаїну з низькотемпературною або пошук інших джерел ферментної сировини.

Серед альтернатив традиційним ферментам (до яких можна віднести папаїн, бромелаїн та фіцин) можна виокремити в першу чергу ферменти рослинного походження. Вони відносяться за своїм походженням до тієї ж групи, що і три вище наведені ферменти, проте не є настільки поширеними та досліджені у меншій мірі¹³.

Варто розглянути фермент ківі¹⁴. Фермент ківі є рослинним ферментом, який, будучи протеолітичним відіграє значну роль в багатьох процесах харчової промисловості, наприклад, у молочній промисловості, як коагулянт

молока, і в м'ясній промисловості для покращення консистенції основної сировини. Для досягнення оптимальної консистенції готового виробу доцільним є використання м'яса птиці (зокрема м'яса курчат-бройлерів). В ході дослідження колективу вчених з Індії було проведено оцінку впливу ферменту (протеази) ківі на консистенцію обробленого філе курчат бройлерів¹⁴. Оптимізовану концентрацію ферменту вводили в перпендикуляр м'язових волокон філе курчат-бройлерів. Консистенцію отриманого продукту вимірювали аналізатором текстури, також оцінювали фізико-хімічні і сенсорні властивості. Введення 10% розчину ферменту ківі дозволило досягти оптимальних показників.

Разом з тим, одним із шляхів із застосування протеаз є переробка м'яса птиці з метою підвищення термінів його зберігання та підвищення біологічної цінності. Одним із прикладів є фермент плоду качрі (*Cucumis trigonus Roxburghi* – різновид дикої дині), який традиційно використовується в якості розм'якшувача м'яса в Індії та інших країнах Азії^{15, 16}. Даний плід володіє характеристиками, що дозволяють порівнювати його з ферментом кукуміцином, який також присутній в деяких видах гарбузових. Інші джерела протеази, наприклад, з кореневищ імбиру, також викликають значний інтерес завдяки їх колагенолітичній активності. Також було вивчено дві різні протеази, отримані з коренів імбиру (ПІ-І і ПІ-ІІ)¹⁷. В наслідок проведених досліджень встановлено, що обидві належать до сімейства папаїноподібних цистеїнових протеаз. Шкірка манго становить 15-20% від маси фрукту і є супутнім продуктом, що споживаються індивідуально, продається в роздріб або переробляються в харчовій промисловості і виробництві напоїв. У цьому продукті були виявлені високі рівні вмісту корисних сполук, таких як антиоксиданти, поліфеноли, каротиноїди, харчові волокна, пектин та вітаміни, а також різні цінні ферменти, включаючи серинові протеази. При сушінні як сира, так і зріла шкірка манго демонструють наявність значних кількостей активної серинової протеази в діапазоні від 4573 до 11173 мг / кг, причому зріла шкірка має більш високі рівні вмісту, ніж сира.

З точки зору класичної технології м'ясопродуктів, ферментативні процеси мають плюси, що проявляються у їх контрольованій дії на консистенцію готового продукту^{11, 15}. Використання ферментів зменшує кількість сполучної тканини і не розщеплює міофібрилярні білки. Папаїн і бромелаїн є найбільш поширеними ферментами рослинного походження для тендеризації м'яса. Як тендеризатори м'яса, протеолітичні ферменти найкраще підходять для впливу та деградації колагену і еластину в сполучній тканині при відносно низькому рН і низькій температурі^{18, 19}. Хоча концепція використання протеолітичних ферментів не нова, синергізм між рослинними і бактеріальними ферментами є досить слабо дослідженим питанням.

На структуру міозинових і актинових філаментів впливають рослинні протеази, папаїн, бромелайн і фіцін¹⁹. Дослідниками встановлено, що колаген у тканинах яловичої шкіри та шкіри прісноводних видів сома руйнується бромелаїном, екстрагованим з шкірки ананаса²⁰. Рослинні протеази мають переваги у порівнянні з бактеріальними ферментами, зважаючи на особливості мікробіологічної безпеки та ряду стандартних проблем. Зокрема, високі концентрації рослинних протеаз можуть викликати деформацію тканин та форми порційних напівфабрикатів з м'яса. Крім того, ніжність м'яса також оцінюють по активності ферментів, індексу

Крім того, тендеризація може бути досягнута шляхом застосування електричного струму, розсіювання енергії на початку скорочення м'язів та старту циклу автолітичних процесів під час посмертного задубіння²⁰. Це показує, що перша фаза процесу тендеризації м'яса може проводитись з швидкістю, яка дозволяє зберегти м'язи теплими в їх товщі. Таким чином, температурні умови і електростимуляція можуть бути використані для зменшення ступеня скорочення філаментів у тканинах під час остигання. Методи, які використовуються для тендеризації м'яса, грають важливу роль в забезпеченні високої якості та продуктивності потужностей з виробництва м'яса і м'ясних продуктів.

Папаїн стабільний при високих температурах і тиску та інактивується в екстремальних умовах при 900 мПа, температурі 80 ° С протягом 22 хвилин²⁰,²¹. Папаїн використовується в м'ясної промисловості в якості розм'якшувача завдяки його протеолітичному ефекту, а також у виробництві пива в якості добавки для борошна. Тривимірна структура папаїну була предметом численних досліджень^{18, 19, 20}. Ферментативна активність широкого спектру була встановлена при обробці папаїном м'ясної сировини за умов в діапазоні рН 5-8 і при температурі 65 ° С. Дослідним шляхом встановлено, що папаїн має специфічність дії для амінокислот з ароматичними бічними ланцюгами, таких як фенілаланін та тирозин в положенні R2. Деякі синтетичні пептиди і інгібітори в процесі протеолізу мають аналогічні активні центри відносно папаїну; в активному центрі основну роль відіграють цистеїн та гістедин, що є двома основними сполуками для активації протезної взаємодії.

Варто також розглянути характеристики інших ферментів, що є більш дослідженими у якості допоміжної сировини для м'ясної промисловості. В дослідженні колективу вчених розкрито вплив даного ферменту на яловичину²¹. Використання бромелаїну при обробці м'ясної сировини (яловичини) від дорослої худоби дозволило досягти оптимального результату (достатнього напруження зсуву та консистенції за органолептичною оцінкою готового виробу) при внесенні 10 мг / 100 г м'ясної сировини та ферментації протягом 24 год при 4 ° С з подальшим підвищенням температури зі швидкістю 1 ° С / хв, до досягнення 70 ° С в товщі продукту. Бромелаїн має значні переваги з точки зору впливу на консистенцію м'яса на підприємствах з чітко контрольованим середовищем та надвисоким рівнем санітарії, також сам по собі даний фермент має переваги з точки зору забезпечення мікробіологічної якості та чистоти. Бромелаїн комерційно доступний в порошкоподібній формі. За оцінками, 95% ферментів, що використовуються в більшості країн Європи та Сполучених Штатах, отримані з рослинних протеаз, таких як папаїн і бромелаїн, в той час як використання протеаз мікробіологічного походження залишається менш

дослідженою категорією, а самі ферменти такого типу широко не використовуються в м'ясній промисловості^{20, 21, 22}.

Як альтернативу папаїну та бромелаїну серед рослинних ферментів варто також розглянути актінідин. Актінідин також є новою сульфгідрильною протеазою, що екстрагується з плодів агрусу або ківі^{23, 24}. Він має молекулярну масу 32 кДа. Він також бере участь в активації m-кальпаїну протягом всього циклу перебігу автолітичних процес та дозрівання сировини після забою. Актінідин має багато застосувань в харчовій промисловості через його переваги перед іншими рослинними протеазами, такими як папаїн і фіцин. Актінідин проявляє протеолітичну активність, яка є досить контрольованою та не має експоненціального росту (активності) навіть при внесенні високих концентрацій, запобігаючи утворенню поверхневих «плям» (ділянок на поверхні сировини з різною текстурою або кольором). Він має відносно низьку температуру інактивації (60 ° C), що дозволяє легше контролювати процес зміни консистенції без жорсткої термічної обробки²⁴. Таким чином, внесення актінідину може виступати альтернативою бромелаїну, фіцину та папаїну при використанні обробки при низьких температурах, яка є однією з основних переваг технології *Sous Vide*.

В якості доступних протеаз дедалі більшого поширення набувають ферменти бактеріального (мікробіологічного) походження. Бактеріальні штами з протеолітичною активністю грають важливу роль в гідролізі білків в м'ясі та м'ясних продуктах. Штам бактерій *B. subtilis* продукує дві основні протеази - субтілізин та нейтральну протеазу (як правило, назва даної протеази однойменна штаму організмів-продуцентів)²⁵. Управління з контролю за продуктами і ліками США (FDA) схвалило дозвільний статус цих бактеріальних штамів. Відносна питома активність і низька температура інактивації бактеріальних протеаз роблять їх одним з основних потенційних інструментів для обробки м'яса. Дослідженнями встановлено, що фермент лужна еластаза, отримана з алкалофільного штаму *Bacillus sp.*, розщеплює колаген, еластин і гідролізує міофібрилярні білки в подрібненому м'ясі. Лужна

еластаза демонструє оптимальну активність в діапазоні рН 5,5-6,0 при температурі 10-50 ° С. Гідролітична активність бактеріальних протеаз в міофібрилярних білках є низькою у порівнянні з відповідною активністю у протеаз рослинного походження. Проте ,було виявлено, що гідролітична активність бактеріальних протеаз при опосередкованій деградації колагену є досить низькою по відношенню до гідролітичної активності папаїну і бромелаїну²⁵.

Також на ринку доступні бактеріальні протеази отримані з штаму мікроорганізмів *A. oryzae*. Дослідним шляхом встановлено, що ці протеази мають стабільну активність в широкому діапазоні рН за температури нижче 70 ° С. Аспарагінові протеази, що продукують *A. oryzae*, демонструють максимальну активність в діапазоні рН 2,5-6,0, а при 75 ° С його активність знижується на 20%²⁶. Аспарагінові протеази *A. oryzae* проявляють незначний або нульовий вплив щодо деградації міофібрилярних білків в м'ясі²⁶.

Дослідження було спрямоване на вивчення цитотоксичності (щодо здатності впливати на внутрішньоклітинні процеси обміну), антигіпертензивної активності за рахунок пригнічення ангіотензинперетворюючого ферменту (АПФ), антиоксидантної активності, а також проти діабетичного впливу за рахунок пригнічення α -амілази і α -глюкозидази та швидкості протеолізу разом з окисною деградацією білків у ферментованих ковбасах з м'яса верблюда та яловичини, що були оброблені *in vitro* новим штамом про біотичного препарату *Lactococcus lactis* KX881782, виділеним з верблюжого молока²⁷. Крім того, сосиски з верблюда і яловичини, ферментовані тільки комерційної закваскою, порівнювали з ковбасами, ферментованим комерційної закваскою в поєднанні з *L. lactis*. Ступінь гідролізу, антиоксиданта активність, цитотоксичність щодо інгібіторів внутрішньоклітинного обміну, α -амілази, α -глюкозидази та АПФ були вищими в ферментованих верблюжих сосисках, ніж в яловичих сосисках та усіх сосисках з контрольної групи. Разом з тим, ступінь окислення жиру та активність води і ліпідів була нижчою у верблюжих ковбас, порівнюючи з у

яловичими ковбасами. *L. lactis* підсилює корисні властивості ферментованих верблюжих ковбас.

Протеази мікробіологічного та рослинного походження можуть відігравати роль у переробці вторинної сировини, що свідчить про їх високу ефективність щодо впливу на різні види субстратів. Також ведеться пошук оптимальних стратегій для обробки або підвищення цінності білкових відходів, що утворюються при переробці м'яса²⁸.

З перспективних ферментів рослинного походження можна також виділити протеолітичний фермент з насіння та плодів фініка. *Phoenic dactylifera* (фінік) - вид квіткових рослин сімейства *Arecaceae*. Фініки вважаються сировиною, що придатна для багатьох видів переробки, включаючи виробництво фініків без кісточок, кондитерських фініки і первинну переробку фініків звичайних. В даний час насіння фініків використовуються в основному для виробництва кормів для тварин, а також застосовується у промисловості вторинної переробки. Лише у 2016 році було вироблено близько 863 000 тон насіння фініків з 6,9 мільйона тон фінікових культур. Для екстракції фінікового насіння використовували новітній метод екстракції. Екстракт з фініків та кісточок фініків використовували для порівняння його впливу на м'ясну сировину (яловичину)²⁹. В якості контрольного зразка використовували яловичину, оброблену папаїном. Варіння середовищі пари проводили до досягнення в товщі виробу температури 71 °С, після чого проводили зважування для фіксації виходу готового продукту та сенсорну оцінку. Результат дослідження показав, що водний екстракт (при довготривалому витримуванні) демонструє найкращий вплив на відсоток від загального виходу готового продукту (зміна відсотку виходу порівняно з необробленою яловичиною і папаїновим зразком зросла на 28,44%). Фізико-хімічні властивості вареного м'яса показали зниження значення рН після варіння. Тим часом, для виходу при варінні результат показав, що майже 86% втрат води при варінні для водного екстракту і позитивного контролю і 96% для негативного контролю. Сенсорна оцінка готового продукту продемонструвала вищі

характеристики зразка, обробленого екстрактом фініків за всіма досліджуваними характеристиками.

Проведено дослідження, метою якого було поліпшити консистенцію ферментованого курячого м'яса³⁰. Проводили введення оптимального рівня порошку папаїну надтонкого подрібнення у філе та стегна курчат-бройлерів за допомогою ін'єктування, після чого оцінювали якісні характеристики готового продукту в умовах зберігання в охолоджену стані (4 ± 1 ° C). Дане дослідження показало, що зразки філе і стегна, ін'єктовані папаїном, демонстрували значне збільшення значень рН в порівнянні з контрольним зразком³⁰. Також дослідні зразки показали дуже значне зниження значень сили зсуву в порівнянні з контролем. Аналогічні спостереження зафіксовано також для індексу фрагментації міофібрилярних тканини. Значне зростання значень розчинності як міофібрилярних, так і загального рівня розчинності білка спостерігалось у всіх зразках, оброблених папаїном, проте не спостерігалось суттєвої різниці щодо розчинності саркоплазматичного білка в оброблених ферментом зразках порівняно з контролем. Результати сенсорної оцінки показали, що філе і стегно, в які вводили 100 мг/кг і 125 мг/кг протягом та витримували 240 хвилин, мали кращий зовнішній вигляд, смак, ніжність і загальну сенсорну оцінку в порівнянні з іншими концентраціями введення папаїну та контрольним зразком. З точки зору часу ферментативної обробки, існують певні застереження щодо швидкості інактивації введеного ферментного препарату. Дослідним шляхом встановлено, що в процесі розм'якшення м'язових тканин курчат-бройлерів критичне значення має саме час ферментативної обробки і його вплив є визначним, зменшуючи значення концентрації внесеного препарату та температури обробки^{18, 30}. Таким чином, досить нетривалий час обробки (встановлений дослідним шляхом в межах 3-12 год, залежно від використовуваного ферментного препарату) має свої переваги та недоліки. До недоліків можна віднести ускладнення контролю технологічного процесу при великих об'ємах перероблюваної сировини через нерівномірний прогрів та завантаженість ємностей сировиною. До переваг

можна віднести збільшення продуктивності за рахунок скорочення часу ферментації, більший допуск з точки зору відхилення у кількості введеного ферментного препарату та розширення асортименту виробів із м'яса курчат-бройлерів³⁰.

З наведених даних можна стверджувати, що ферментативна обробка традиційними для м'ясопереробної промисловості препаратами має ряд невирішених завдань, які потребують подальших досліджень. Перспективною заміною рослинних протеаз (в першу чергу це фіцин, бромелайн та папаїн) є ферменти мікробіологічного походження. В свою чергу, для застосування традиційних ферментів рослинного походження можливо внести зміни у технологічний процес, які б створили можливості для виробництва продуктів з покращеними сенсорними характеристиками та зниженою собівартістю. Таким чином, одним з перспективних підходів є обробка при низьких температурах, або із застосуванням аплікування виробу у непроникну оболонку задля збереження вологості та розм'якшення консистенції продукту.

1.2 Особливості термічної обробки м'ясної сировини за технологією *Sous Vide*

Реалізація якісних і безпечних виробів є основним завданням діяльності будь-якого промислового та ресторанного господарства. На термічному обробленні напівфабрикатів у вакуумованих термопакетах при низьких температурах із наступним їх швидким охолодженням і подальшою регенерацією заснована технологія *Sous Vide*, яка вважається математично точним методом термічної обробки, що вимагає підтримання постійної температури протягом всього часу приготування. Описана технологія максимально забезпечує збереження усіх смако-ароматичних сполук, властивих природному флейвору м'ясної сировини.

Одним із недоліків обробки сировини за описаною технологією є складність та тривалість обробки сировини з високим вмістом сполучної тканини, або сировини, яка за своєю консистенцією є досить жорсткою. Таким

чином, серед поширених видів основної сировини найбільше недоліків виникає в процесі обробки яловичини. Це спричинено не лише вмістом власне сполучної тканини, але і самою будовою м'язової тканини та волокон цього виду м'яса. В дослідженні колективу вчених з Дубліну розкрито тему використання яловичини для створення продуктів для літніх споживачів³¹. Стратегії розробки м'ясних продуктів, що вимагають зниження зусиль жування (відповідно напруження зсуву та жорсткості), можуть потенційно поліпшити споживання і, отже, раціон та споживчий статус літніх людей. Приготування стейків за технологією *Sous Vide* підсилює ніжність і збільшує термін зберігання натуральних смако-ароматичних речовин у готовому продукті. Заморожування також може сприяти позитивному впливу на консистенцію продукту завдяки руйнуванню клітин в результаті утворення кристалів льоду. П'ять видів термічної обробки, в тому числі приготування в охолодженому стані при температурі 60 ° C протягом 270 хвилин (*Sous Vide*), приготування на циркуляційній водяній бані до досягнення температури у товщі продукту 70 ° C (або приготування в воді), заморожування при -20 ° C протягом 48 год. (Заморожування) і їх комбінації, в т.ч контрольний зразок застосовували для виробництва стейків з яловичини (з довгого м'язу - *M. Semitendinosus*). *Sous Vide* і (Заморожування і варіння з *Sous Vide*) значно знизили значення сили зсуву Уорнера-Братцлера з 32,97 Н (контроль) до 27,80 Н і 26,57 Н відповідно. Тільки *Sous Vide* та комбінація *Sous Vide* із попереднім заморожуванням значно знижують твердість і силу надкусу текстури в порівнянні з контрольним зразком. Ці два види обробки мали прийнятні колірні характеристики і потенційно могли бути візуально привабливими для літніх споживачів через їх низьке насичення візуальної коричневої в порівнянні з контрольною групою. Результати показують, що яловичі стейки, пом'якшені за допомогою обробок *Sous Vide* і її комбінування разом із заморожуванням, представляють багатообіцяючі варіанти для включення в модифіковані рецептури, призначені для геродієтичного харчування. Таким чином, хоча обробка при низьких температурах із застосуванням непроникних плівок покращує органолептичні

характеристики продукції, виникають певні застереження з точки зору мікробіологічної безпеки даного виду обробки. Загальновідомим є те, що летальність впливу термічної обробки на мікроорганізми є прямо пропорційною до температури, що досягається у товщі продукту та часу, за якого дана температура підтримується^{16, 19, 25}. Загалом, температура обробки спричиняє критичний вплив і є основною величиною, від якої залежить мікробіологічна стабільність готового продукту. За умови достатньої санітарії виробництва (особливо на етапі первинної переробки сировини) та тривалого часу термічної обробки, *Sous Vide* може забезпечити достатню летальність для більшості патогенних мікроорганізмів, проте деякі види таких організмів та летальність впливу на них даного виду обробки потребують детального дослідження^{22, 23}. Особливо актуальним є питання мікробіологічної безпеки виробів із м'яса птиці, зважаючи на два фактори, що підвищують ризик при їх переробці. Першим фактором є типово більший вміст вологи у м'ясі курчат-бройлерів, що є наслідком як і природної морфології даного виду птиці, так і суто технологічних маніпуляцій, притаманних багатьом виробникам м'яса птиці. Другим фактором є те, що мікрофлора м'яса птиці є відмінною від аналогічної характеристики червоного м'яса.

Термостійкість препарату культур, отриманих з п'яти штамів сальмонел і п'яти штамів *L. monocytogenes* досліджувалось в курячих грудках, попередньо маринованих у соусі теріякі³². Ін'єктоване м'ясо, упаковане в непроникну плівку, повністю занурювали у водяну баню з циркуляцією і піддавали тепловій обробці до кінцевої температури 55, 57,5 або 60 ° C протягом 1 години, а потім витримували протягом попередньо визначеного часу. Після остигання виробу відбирали проби для мікробіологічних досліджень. В процесі живі клітини мікроорганізмів *Salmonella* і *L. monocytogenes* підраховували шляхом поверхневого висіву на агарному середовищі XLD і агарі Palcam відповідно. Значення кількості мікроорганізмів D, визначені за допомогою лінійної регресії сальмонел в м'ясній сировині, варіювалися від 47,65 млн. при 55 ° C до 7,48 млн. при 60 ° C; значення для *L. monocytogenes* варіювалися від

54,81 млн. при 55 ° C до 10,39 млн. при 60 ° C. Витримування та ін'єктування соусом дозволило збільшити чутливість патогенних організмів до летального впливу тепла навіть за низьких температур обробки.

Проте, обробка за низьких температур створює ризики з точки зору мікробіології (потенційні) не лише при використанні м'яса птиці. Доцільно розглянути вплив даного виду обробки на характеристики інших видів сировини. Було досліджено значення вмісту мікроорганізмів D і z для *Listeria monocytogenes* стосовно летальності впливу тепла в процесі приготування двох мексиканських м'ясних виробів, серед яких - свинина, маринована в соусі томатілло із зелених томатів (далі - свинина в томатному соусі) і яловичина, маринована в червоному соусі чилі (далі - яловичина в соусі чилі), з додаванням 0, 200 і 800 частин на мільйон екстракту насіння грейпфрута (екстракт насіння грейпфрута)³³. Зразки м'яса, інокульовані *L. monocytogenes*, були упаковані в стерильні пакети, занурені в водяну баню і витримувалися при 55, 57,5, 60 і 62,5 ° C протягом різних періодів часу. Залежно від температури значення D при нульовому вмісті екстракту насіння грейпфрута варіювалися від 26,19 до 2,03 млн в яловичині в соусі чилі і від 26,41 до 0,8 млн для свинини в томатному соусі. Обробка обох видів мексиканських м'ясних страв (яловичина в соусі чилі і свинина в томатному соусі) шляхом внесення 800 частин на мільйон екстракту насіння грейпфрута зробило клітини *L. monocytogenes* більш чутливими до летальної дії тепла.

Застосовувати технологію Sous Vide доцільно також при виробництві продукції з рибної сировини та гідробіонтів. Оскільки дана сировина є однією з найбільш мікробіологічно забруднених, варто проаналізувати ризики, пов'язані з такими виробничими процесами. В дослідженні³⁴ проведено порівняння різних видів термічної обробки з точки зору їх впливу на філе тунця. Традиційний (низькотемпературна обробка за тривалого часу) і модифікований (низькотемпературна обробка за короткого часу) методи приготування м'яса нежирного тунця характеризуються різним впливом обробки на процеси термічної денатурації білка та на такі якісні характеристики, як колір,

зовнішній вигляд, деформація шматків сировини, втрата вологи і текстура готового продукту. Термічна денатурація білка була проаналізована за допомогою диференціальної скануючої калориметрії і оцінена у вигляді декількох теплових графіків за допомогою кінетичного аналізу, слідуючи динамічним методом. При нагріванні зі швидкістю $10\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{хв}$ міозин почав денатурувати при температурі близько $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Актин не денатурує, навіть при підйомі температури до приблизно $51\text{ }^{\circ}\text{C}$, поки не була завершена денатурація міозину. Однак актин почав денатурувати приблизно при $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ і був повністю денатурований при $76\text{ }^{\circ}\text{C}$. Денатурація актину спричинила більш сильний вплив, ніж денатурація міозину на зміни текстури, тоді як денатурація міозину була відповідальна за зміни кольору і зовнішнього вигляду. Краще збереження якості тунця було отримано завдяки новій кулінарній обробці, порівнюючи з традиційним методом *Sous Vide*.

Порівнюючи методи низько- та високотемпературної обробки м'ясної сировини, важливим є не лише вплив різних видів термообробки на вихід та органолептичні характеристики продукту, але і зміни у харчовій та біологічній цінностях виробу, які обумовлюють різні методи переробки. Вплив методу термічної обробки (приготування під паром і варіння на пару) на збереження мікроелементів (кальцію, купруму, феруму, цинку, магнію, мангану, калію, натрію) та склад жирних кислот (профіль ЖК), зусилля зсуву Уорнера-Братцлера і харчову цінність в напівсухожильному м'язі яловичини биків Хольштайн-Фризької породи було оцінено в ході дослідження³⁵.

Летальний час загибелі під впливом тепла мікроорганізмів *Listeria monocytogenes* було визначено в зразках реструктурованих стейків з м'яса дрібної рогатої худоби (кози) при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ за умов обробки методом *Sous Vide*^{36, 37}. Значення D для *L. monocytogenes* в реструктурованих стейках з м'яса кози становили від 7,27 хв при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до 0,46 хв при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Час обробки повинен забезпечити принаймні 6 log зниження *L. monocytogenes* при відповідних температурах для цього продукту складаючи 47, 12 і 3 хв відповідно. Після обробки методом *Sous-Vide* загалом досліджувані

мікроорганізми у не інокульованих зразках не були виявлені, за винятком того, що кількість аеробних і анаеробних мезофільних і молочнокислих бактерій була нижчою, ніж 2 Log КУО / г. Таким чином, при температурі 60 ° С протягом 47 хвилин був отриманий зручний готовий до вживання реструктурований стейк з м'яса ДРХ, який за всіма показниками мікробіологічної безпеки і харчової цінності є оптимальним.

Колективом учених було розроблено та випробувано інноваційні методи обробки за технологією *Sous Vide*^{38, 39}. Зразки було підготовлено, включаючи різні температури та тривалості обробки. Зокрема, підготовка зразків включала обробку при 45 ° С і 65 ° С протягом 6 год (позначені відповідно SV45 і SV65), звичайну обробку *Sous Vide* при 45 ° С і 65 ° С протягом 3 год (SV45 і SV65) і традиційну кулінарну обробку при 75 ° С протягом 30 хв (контрольний зразок). Були встановлені значення втрат вологи і втрати в процесі термічної обробки, а також фізичні властивості (колір і сила зсуву) і хімічні властивості (розчинність білка і колагену) у термічно оброблених зразках. Отримані результати показали, що інноваційний метод обробки в обох режимах термічної обробки *Sous Vide* (SV45-65), продемонстрував вищі значення за більшістю функціональних характеристик, ніж зразок приготований традиційним методом (у присутності повітря) - контрольний зразок. Втрата вологи і значення втрат при термічній обробці збільшилися при відповідному зростанні температури обробки методом *Sous Vide* з 45 ° С до 65 ° С. Більш низькі втрати вологи були зафіксовані в зразках SV45 та контрольному зразку. Дані зразки показали більш високий вміст вологи у готовому продукті та продемонстрували сильну кореляцію з мірою розчинності білка (відповідно і значення розчинності білків було максимальним у контрольному та SV45 зразках).

М'ясо грудки (*pectoralis major*) курчат-бройлерів піддавали посолу з NaCl + NaNO₃ з наступним сушінням для одержання продукту в'яленого типу, широко відомого, як Jerky meat⁴⁰. Кінцевий продукт (сиро-в'ялене м'ясо грудки) був очищений від посолочної суміші, а потім приготований з використанням різних технік термічної обробки, що включали в себе: смаження на грилі,

смаження в олії (фритюрі), запікання і обробку методом Sous Vide. Приготовлені за технологією Sous Vide зразки продемонстрували найнижчі значення втрат вологи в порівнянні з іншими видами термічної обробки. Рівень вмісту та співвідношення в профілі жирних кислот зазнав незначних змін після термічної обробки напівфабрикатів. Що стосується окислення білка, флуоресценції триптофану, карбонілювання білка і утворення дисульфідних зв'язків у м'ясі курчат-бройлерів, дані процеси залежали від температури термічної обробки, в той час як утворення вільних смако-ароматичних речовин і реологічні характеристики текстури готового виробу в основному залежали від тривалості термічної обробки.

В ході дослідження^{41, 42} проаналізовано вплив температурних режимів на фізико-хімічні характеристики та вихід філе курчат-бройлерів. Якість, структурні і мікробіологічні властивості оброблених зразків порівнювалися з контрольними. Зразки піддавали обробці при різних поєднаннях температури (61 ° C або 71 ° C), часу (45 або 90 хв) і ступеня розрідження під упаковкою (98,81% або 96,58%). Контрольний зразок варили без упаковування, нагріваючи при 95°C протягом 45 хвилин у воді. Температура і ступінь розрідження (вакууму) впливали на якісні властивості, тоді як вплив часу був досить обмеженим. Зразки, приготовані при 61 ° C, показали більш високий вміст вологи, почервоніння і рожевий колір м'ясного соку, тоді як зразки, приготовлені при 71 ° C, показали більш високі показники втрат при варінні, вмісту летких сполук і рівня вмісту основного азоту. Після аналізу текстури встановлено, що у дослідній групі сила зсуву та зусилля деформації у м'ясній тканині було більшим, ніж у контрольній.

Проте, в ході виробництва на м'ясну сировину впливають не лише фізичні фактори, такі, як температура та тривалість обробки та рівень розрідження, але і власне ферментативні процеси^{43, 44, 45, 46, 47}. Застосування актінідину в процесі обробки яловичої грудинки з наступною термічною інактивацією (шляхом нагрівання фаршу) було вивчено з точки зору його впливу на текстурні властивості, мікроструктуру і засвоюваність білка в умовах імітації

перетравлювання в шлунку⁴⁸. Оптимальні показники готового продукту було досягнуто шляхом введення 5% розчину промислового екстракту актінідину 3 мг / мл (Actazin TM від Anagenix Ltd.) в фарш з грудинки з подальшим масуванням в умовах вакууму і варінням за технологією Sous Vide при температурі 70 ° C протягом 30 хвилин. Даний час термічної обробки значно меншим, ніж час обробки, який зазвичай використовується в сфері громадського харчування. М'ясо, оброблене актінідином, не мало змін рН, кольору і мало менші втрати в процесі термічної обробки, а також продемонструвало вищі сенсорні показники консистенції, соковитості і смаку в порівнянні з контрольним зразком.

В умовах зростання культури споживання, вимоги до сенсорних характеристик готового продукту передбачають певні сенсорні характеристики продукту – «ніжність», «соковитість» та смак, а також досить тривалого терміну зберігання м'яса, підданого термічній обробці^{48, 49}. Одним з методів, що використовуються для досягнення цього ефекту, є sous-vide (SV). Однак низьких температур, які використовуються в цьому методі, може бути недостатньо для забезпечення безпеки м'ясного продукту⁴⁶. Щоб підвищити безпеку і зменшити несприятливі сенсорні зміни, в ході досліджень було запропоновано маринувати м'ясо в суміші або окремих кисломолочних продуктах . Мета дослідження полягала в тому, щоб визначити вплив маринування м'яса в суміші (кефір, йогурт, маслянка), часу маринування (3-12 днів) і температури обробки (60 або 80 ° C) на якість і безпеку стейків зі свинини. Маринування м'яса підвищує рівень втрат при варінні, але в той же час не впливає на хімічний склад і активність води. Кислотність стейків зменшується з часом маринування. Кілька днів маринування м'яса в пахті або йогурті уповільнюють реакції окислення жирів і знижують вміст речовин, що окисляють в м'ясі.

1.3 Властивості ферментної сировини та їх зміни під впливом термообробки

М'ясо є одним з найбільш важливих джерел білка, доступних для виробництва і споживання людиною впродовж історичного відрізка часу⁵⁰. Це найбагатше джерело деяких цінних поживних речовин, таких як білки, незамінні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни і мінерали, такі як залізо, цинк і селен. Термічна обробка призводить до конфірмаційних змін структури білка, а також смаку, текстури і зовнішнього вигляду, а також змінюються хімічні властивості інгредієнтів. Гетероциклічні ароматичні аміни (ГАА), потужні мутагени / канцерогени, утворюються при варінні м'яса при високій температурі. В огляді підкреслюється вплив різних способів приготування їжі, тобто смаження на сковороді, смаження у фритюрі, приготування на вугіллі і смаження, на формування гетероциклічних амінів (ГЦА)⁵¹. Рівні ГЦА, накопичених в термічно-обробленій м'ясній сировині, варіюються в залежності від способу приготування, часу приготування та типу підготовлюваного м'яса. Метаболічна поведінка ГЦА є доволі специфічною, - вони втручаються в діяльність багатьох ферментів, модифікують метаболічні шляхи і призводять до утворення аддуктора ДНК⁵².

Окисні процеси також відіграють значну роль у формуванні органолептичних характеристик та терміну зберігання готових м'ясопродуктів. Було досліджено зв'язок між окислення ліпідів і розвитком нативних ферментів в свинині під час комбінованих видів термічної обробки⁵³. Фарш зі свинини обробляли в інтервалі тисків 0,1-750 МПа і інтервалі температур 30-60 ° С протягом 20 хв. Оцінені значення речовин, що реагують з тіобарбітуровою кислотою, і активності кислої ліпази, нейтральної ліпази, фосфоліпази і ліпоксигенази в свинині. Нейтральна ліпаза і ліпоксигеназа були повністю інактивовані при 600 МПа-50 ° С і 450 МПа-60 ° С, а кисла ліпаза при 600 МПа-55 ° С. Значення вмісту речовин, що реагують з тіобарбітуровою кислотою, при 600 і 750 МПа тісно пов'язані зі швидкістю інактивації і співвідношенням

фосфоліпази під час обробки. Фосфоліпаза була найбільш важливим ферментом, пов'язаним з окислення ліпідів, викликаним тиском.

Також необхідно вивчити окислення ліпідів в м'ясі птиці. В дослідженні м'ясо курчат-бройлерів нагрівали до різних температур, з подальшим зберіганням в холодильнику і присутністю факторів, що сприяють окисленню ліпідів⁵⁴. Дослідним шляхом встановлено, що окислення ліпідів значно прискорюється, при нагріванні м'ясної сировини до 70 ° С і подальшому зберіганні протягом 2 і 4 днів, що встановлено за рівнем речовини, яка є субстратом тіобарбітурової кислоти.

Як можна побачити з розглянутих досліджень, окисні процеси є одним з основних факторів псування м'ясопродуктів. Їх каналізація є супутнім процесом, який неухильно зазнає впливу усіх видів термічної обробки. Виходячи з цих фактів, доцільно розглянути методи мінімізації окисних процесів та загалом методи продовження терміну зберігання, в тому числі інгібування розвитку умовно-патогенної мікрофлори. Антимікробну ефективність препарату ферментованих спецій оцінювали в сосисках емульсійного типу і реструктурованої шинки і порівнювали з відповідними значеннями показників продуктів за умов застосування двох комерційно використовуваних протимікробних препаратів, серед яких лактат натрію і лауриновий аргіназ⁵⁵. До складу шинок і сосисок емульсійного типу вводили лактат натрію (15×10^3 мкг / г), лауриновий аргінат (Na-лауроіл-1-аргінін етиловий ефір; $0,2 \times 10^3$ мкг / г) або препарат ферментованих спецій (20×10^3 мкг / г), після чого визначали вплив на ріст мікрофлори і сенсорні властивості готового продукту. Ферментовані спеції уповільнювали зростання *Listeria innocua* на поверхні сосисок емульсійного типу приблизно на 16 днів, в той час як лактат натрію і аргінат лауринової кислоти сповільнювали зростання на 6 і менше 1 днів відповідно⁵⁵. У реструктурованих шинках встановлено антимікробний вплив, ефективність якого була нижчою, при цьому затримки росту становили 10, 4 і 1 добу для зразків, оброблених ферментом, лактатом натрію і аргінатом лауринової кислоти відповідно. Була виявлена невелика

активність всіх трьох протимікробних препаратів проти контамінації *Lactobacillus curvatus*.

Термодинамічні та кінетичні дослідження можуть дати цінну інформацію про термостабільність ферментів при робочій температурі. Передбачається, що фермент піддається реакції дезактивації першого порядку, яка відповідальна за його необоротну денатурацію, кінетика якої зазвичай виражається через період напіврозпаду ферменту⁵⁶. З іншого боку, енергія активації і зміни вільної енергії Гіббса, ентальпії і ентропії між згорнутим і розгорнутим станами ферменту є параметрами, найбільш часто описуються в літературі для опису термодинаміки денатурації.

Активність і термостабільність ферментів є важливими питаннями, які необхідно враховувати для оцінки економічної доцільності ферментативних промислових процесів⁵⁷. Висока стабільність зазвичай вважається економічною перевагою через зменшення рівня внесення ферментів; тому, перш ніж приступити до розробки ферментних комплексів, необхідно зібрати інформацію про стабільність ферменту в різних умовах⁵⁷. Різні етапи обробки впливають на фізико-хімічні властивості м'яса, ставлять під загрозу його біологічні та харчову цінності або приводять до утворення деяких видів сполук, що представляють інтерес з точки зору впливу здоров'я людини⁵⁸. Окисленню білка, який є основним компонентом в м'ясних системах, приділяється менше уваги⁵⁹. Окислення білка можна описати як ковалентну модифікацію білка, що викликана або безпосередньо активними речовинами, або побічно реакцією з вторинними побічними продуктами окисного стресу^{59, 60}. Ці модифікації не тільки важливі для технологічних і сенсорних властивостей продуктів з високим рівнем тваринного білку, але разом з тим дані модифікації можуть впливати на здоров'я і безпеку людини при вживанні такого білку. Авторами досліджується сучасне розуміння методів переробки м'яса та їх можливий вплив на стан окислення білка і поживної цінності, а також їх можливі наслідки для здоров'я людини⁶⁰. Як висновок, можна стверджувати, що процеси окислення білку можуть бути значно уповільнені за рахунок застосування

менш жорстких режимів термічної обробки та внесенням біологічно-активних агентів (серед яких важливу роль відіграють протеази та трансглютаміназа).

1.4 Використання фосфатних комплексів для регулювання рН м'ясної сировини

Фосфати, що використовуються в м'ясі і м'ясних продуктах, виконують кілька функцій, особливо такі, як регулювання рН, підвищення буферних властивостей системи, секвестерація окремих катіонів, зміна розподілу іонних зарядів, зміна іонної сили навколишнього середовища і / або бактеріостатичний вплив^{61, 62}. Різні індивідуальні фосфати показують значні відмінності в значеннях рН. Майже всі фосфати, а також їх суміші, які використовуються в м'ясі, є лужними фосфатами, і їх додавання до злегка кислого м'яса призводить до підвищення рН всередині м'ясного продукту. Коли відбувається рух далі від ізоелектричної точки, це збільшує здатність білків зв'язувати воду, оскільки великі електростатичні сили відштовхування створюють великі проміжки між актином і міозином, і дає можливість зв'язати більшу кількість доданої води. Суміші монофосфатів є відмінними буферами; дифосфати також можуть бути застосовані в якості буферів, але сполуки із ланцюжком довше двох атомів фосфору взагалі не є хорошими буферами. Властивість буферизації допомагає м'ясу зберігати і утримувати свіжий колір шляхом зміни рН м'яса після забою. Секвестрація іонів металів, таких як Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} і т. Д., які присутні в м'ясі, шляхом конденсації фосфатів з утворенням комплексу є важливою функцією фосфатів в харчовій промисловості⁶³. Зв'язування фосфатів з Ca^{2+} , Mg^{2+} (поперечними містками в комплексі актоміозину) сприяє розділенню актину і міозину після посмертного задубіння. Отже, вищезгаданий процес підвищить вологоутримуючу здатність м'яса і м'ясних продуктів, поліпшить ступінь ніжності і колір м'яса. Крім того, зв'язування іонів металів може знизити гіркий присмак, що виникає при розвитку окислювальних процесів⁶⁴. Фосфати (як поліелектроліти) здатні змінювати розподіл іонних зарядів. Таким чином, додавання фосфату збільшує

іонну силу білків м'яса і, отже, підвищена іонна сила призводить до більш вираженого ступеня набухання (утримання вологи) у м'язових волокнах⁶⁵. Солі можуть посилювати набухання структури білка, але вони (самі по собі) не розчиняють та не утримують велику кількість білка⁶⁶. З іншого боку, самі по собі фосфати майже не активують білки. Вони (фосфати) можуть тільки видалити зв'язок між актином і міозином. Таким чином, завдяки додаванню солей разом з фосфатами одночасно до м'ясного продукту м'язовий білок стає розчинним солюбілізованим або активованим. В свою чергу, солюбілізований білок може іммобілізувати високі рівні доданої води, а також емульгувати велику кількість жиру.

Окрім впливу на суто технологічні та функціональні властивості, введення фосфатів у продукти, що виробляються при низьких температурах термічної обробки є доцільним, з огляду в тому числі на їхній бактеріостатичний вплив. Фосфати мають не яскраво виражений бактеріостатичний ефект, так як сповільнюють ріст деяких грампозитивних бактерій. Фосфати можуть пригнічувати грампозитивні бактерії, такі як *Leuconostoc carnosum*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus brevis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus sp.*, *Micrococnecutum lute*; і проявляють невеликий вплив на грамнегативні бактерії, такі як *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*^{67, 68}.

Для оцінки можливості заміни фосфатів в м'ясні продукти зі свинини додавали 0,5% кальцію з ячної шкаралупи, кальцію з устриць, морських водоростей або молочного кальцію⁶⁹.

Зниження вмісту фосфатів має важливе промислове значення при виробництві емульгованих м'ясних продуктів, оскільки воно може привести до створення широкого асортименту продуктів з більш позитивним впливом на здоров'я людини, але в межах ринкової собівартості⁷⁰. Було досліджено вплив семи різних типів фосфатів на фізико-хімічні та якісні характеристики варених ковбас, для того, щоб визначити найбільш перспективний тип фосфатів для

подальшого виробництва варених ковбас⁷¹. Виходячи з в'язко-пружних властивостей, мінімальна масова частка 0,06% тетранатрійпірофосфату була достатньою для отримання продукту прийнятної якості⁷¹.

Реологічні дослідження є важливими інструментами для комплексної оцінки якості м'ясних продуктів, оскільки формують уявлення про структуру м'ясного продукту і особливо про функціональні властивості м'ясних білків. На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що поточна кількість фосфату, який додається в емульговані м'ясні продукти, може бути значно знижена при мінімальній втраті якості продукту^{72, 73}.

Важливо запобігти явищу утворення дефектів (вицвітання) на поверхні сухих ферментованих ковбас за рахунок комплексотворення при взаємодії катіонів речовин поверхні виробу з фосфатами^{74, 75}. Утворення вицвітання є критичною проблемою, що представляє собою серйозний дефект якості, особливо характерний для сухих ферментованих ковбас і напівкопчених ковбас з високим вологовмістом^{75, 76, 77}. Різні фосфати (ди- і моногексаметафосфат) додавали (у кількості 3,0 г / кг) в ковбасний фарш. В якості гіпотези, ці добавки повинні поєднуватися з однією з основних речовин, що викликають вицвітання, серед яких в першу чергу називають магній. Утворення вицвітів досліджували у зразках сухих ферментованих ковбас без додавання фосфату, з додаванням дифосфату або гексаметафосфату протягом 8 тижнів зберігання в модифікованій атмосфері⁷⁸. Візуальний аналіз поверхні ковбас виявив високу кількість вицвітів для контрольного зразка (42,2%) і для ковбас з доданим дифосфатів (40,9%), в той час як ковбаси, які містять гексаметафосфат, мали значно меншу кількість утворених плям вицвітання, демонструючи тільки 11,9 % поверхні з дефектом після 8 тижнів зберігання.

Вплив обробки поверхні фосфатом на ковбаси сухої ферментації з коекструдованими альгінатними оболонками було досліджено, для того, щоб розробити методи для зменшення або пригнічення утворення білих зон вицвітання на поверхні ковбас⁷⁷.

З точки зору перспектив технології Sous Vide, важливим є передбачити розширення асортименту продукції, в тому числі за рахунок зміни сировинних можливостей та потреб споживачів. Перспективним джерелом сировини є гідро біонти, а також продукти їхньої переробки. Тому, важливо також розглянути вплив досліджуваних інгредієнтів на таку сировину. У дослідженні дослідників з Індії описано вплив фосфатів на м'ясо креветок⁷⁸. Білі креветки (*Penaeus vanamei*) обробляли чотирма амінокислотами (гліцин, пролін, аргінін і лізин) в кількості 0,5, 1,0 і 2,0 г / 100 мл за допомогою NaCl (3,0 г / 100 мл) і заморожували в повітряній морозильній камері. Результати показали високий потенціал використання натуральних амінокислот - лізину і аргініну, в якості альтернативи фосфатам для поліпшення якості заморожених білих креветок в індустрії морепродуктів.

В наукових колах, включаючи таких авторів як Баугріт, Аллен та Лонг, обговорюються типи добавок фосфатів з особливим акцентом на їх застосування в перероблених м'ясних продуктах^{79, 80, 81}. Завдяки гомеостазу надлишок фосфату легко виводиться організмом людей зі здоровою нирковою функцією, але актуальним є той факт, що в даний час існує бажання знайти більш прийнятні альтернативи використанню фосфатів. Обговорюється⁷⁹ використання альтернативних несинтетичних інгредієнтів в обробленому м'ясі, таких як крохмаль, білки, морські водорості, гідроколлоїди і волокна, в якості потенційних замінників фосфатів. Такі інгредієнти можуть не надавати м'ясним продуктам ті ж якісні характеристики, які забезпечуються фосфатами при їх використанні окремо, проте застосування підходів, що перешкоджають об'єднанню альтернативних інгредієнтів з новими технологіями обробки, такими як потужний ультразвук і обробка під високим тиском, може формувати методи альтернативної обробки м'ясної сировини⁸⁰.

У дослідженні колективу вчених з Іспанії оцінювали функціональні властивості порошку і гелю Чіа слизу в якості замінників фосфатів в ковбасних виробках з низьким вмістом жирів⁸². Групою дослідників було проведено чотири види доопрацювань модифікованих рецептур виробів без фосфатів. Додавання

4% порошку гідроколоїдів або гелю на їх основі призвело до утворення поверхні з меншим часом релаксації та меншим напруженням зсуву і вищими сенсорними характеристиками, колірність яких характеризується спектром від світло-коричневого і темно-рожевого кольору.

Вченими з Індії та Іспанії^{83, 84, 85} було оцінено вплив фосфатних сумішей і типу м'яса свинини (бліде, м'яке і ексудативне [PSE]; нормальне, і темне, тверде і сухе [DFD]) на ріст *Clostridium perfringens* під час процесів експоненціального переохолодження. Типи фосфатів і їх сумішей, а також тип м'яса впливали на ріст та життєздатність спорів *C. perfringens* у термічно обробленій свинині в періоди сильного переохолодження або повторного заморожування, зменшуючи кількість живої мікрофлори в критичних точках⁸⁵.

На формування якості свіжого м'яса впливає зниження рівня рН, що виникає в результаті після забійного енергетичного гліколізу м'язових субстратів^{86, 87, 88}. Точна причина, по якій гліколіз зупиняється в присутності залишкового глікогену, залишається неясною⁸⁹. Існує припущення, висунуте вченими з Великобританії та Європейського союзу, що критичний гліколітичний фермент втрачає активність в діапазоні, наближеному до кінцевого значення рН м'яса^{89, 90, 91}. Зразки довгих м'язів свині були піддані моделюванню перетравлювання у системі *in vitro*, яка імітує посмертний анаеробний метаболізм при буферних значеннях рН (7,0, 6,5, 6,0, 5,5 або 5,0). При рН 7,0, 6,5 і 6,0 глікогеноліз і гліколіз протікали нормально, в той час як рН 5,5 припинялось утворення лактату⁹². Додаткові експерименти показали, що фосфофруктокінази втрачали активність при рН 5,5, тоді як всі інші гліколітичні ферменти залишалися активними^{93, 94}. Підвищена температура прискорила зниження рН і втрату активності фосфофруктокінази⁹⁵. Таким чином, рН інактивує фосфофруктокінази і зупиняє посмертний гліколіз, що може пояснити подібний кінцевий рН для м'яса різних видів^{96, 97}.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Проведений аналіз публікацій пошукових досліджень дозволяє зробити наступні висновки:

- з метою впливу на консистенцію та вихід готових м'ясопродуктів найбільшого поширення набуло використання протеаз рослинного походження, серед яких можна виділити актинідин, фіцин, папаїн та бромелаїн.

- серед недоліків використання ферментів рослинного походження є їх слабкий вплив на міофібрилярні білки, обмежений асортимент, відносно висока вартість та обмежені режими термічної обробки, зважаючи на інактивацію рослинних протеаз.

- для усунення вказаних недоліків існує два основні шляхи вирішення – модифікація режимів термічної обробки сировини та пошук нових джерел ферментної сировини. Таким чином, використання обробки за технологією *Sous Vide* може усунути велику частину недоліків консистенції м'ясної сировини, а також створити продукт з новими органолептичними характеристиками. Ще одним з шляхів впливу на консистенцію та функціональні характеристики готового продукту є використання протеаз мікробіологічного походження, а також регулювання виходу продукту шляхом внесення фосфатних сумішей при ін'єктуванні м'ясної сировини.

Отже, з розглянутих в розділі джерел та досліджень можна зробити висновки про те, що використання протеаз мікробіологічного походження в поєднанні з внесенням фосфатних сумішей та термічною обробкою продукту за технологією *Sous Vide* є альтернативою традиційним методам обробки. Таким чином, при побудові експерименту варто враховувати можливість комбінування названих вище технологічних прийомів та передбачити підбір ферментів мікробіологічного походження, які ефективно будуть працювати у діапазоні рН продукту, яке в свою чергу буде знаходитись під впливом фосфатних сумішей.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Обґрунтування вибору технологічної схеми виробництва

Базова технологія Sous Vide включає в себе виконання наступних операцій, які наведені у блок-схемі (рис. 2.1.)

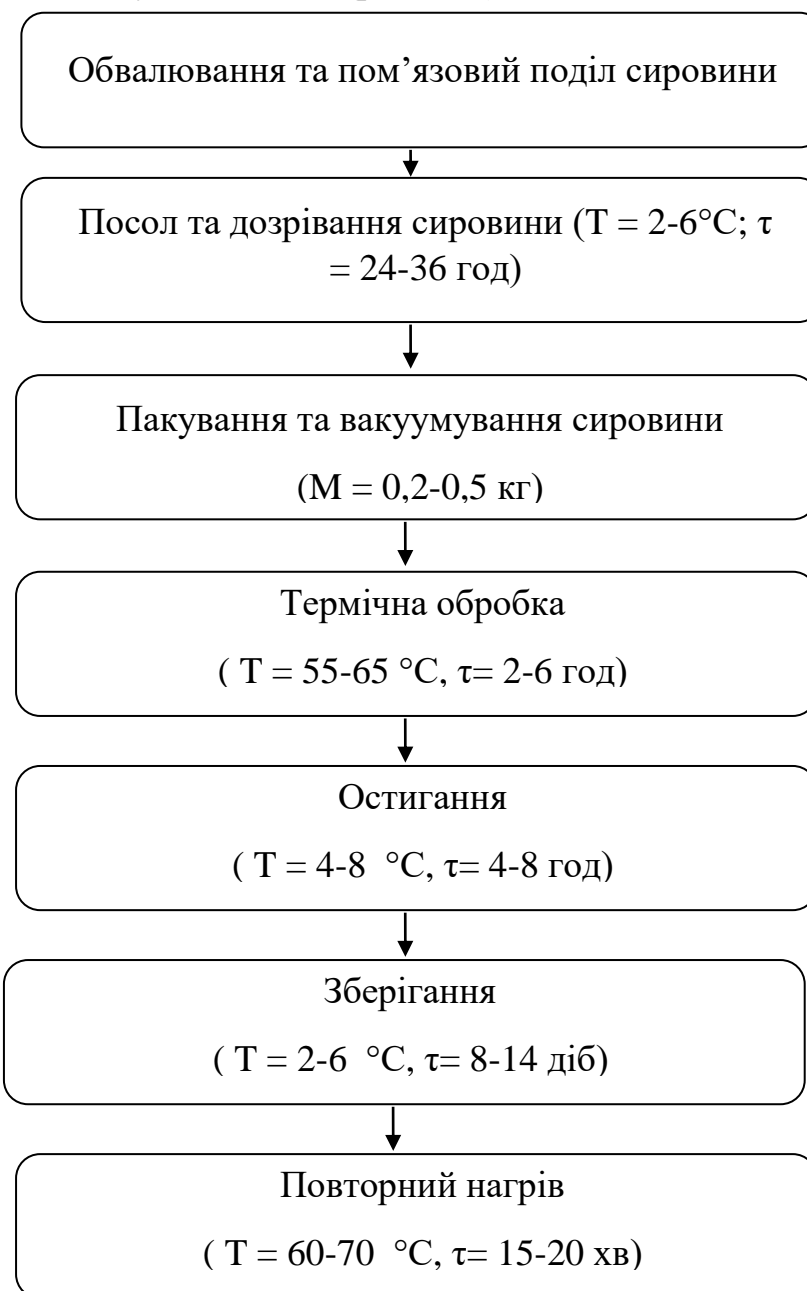


Рисунок 2.1 – Технологічна схема традиційної обробки м'ясної сировини за технологією Sous Vide

Застосування обвалювання півтуш із поділом на цільном'язові відруби та зняттям м'яса з кістки у вигляді максимальної кількості цілих м'язів обумовлене декількома факторами. Першою причиною такого підходу є

специфіка застосування обраної технології – низькотемпературний нагрів у вакуумному середовищі традиційно позиціонувався як технологічний прийом високої кухні, тому основою м'ясних страв виступали страви з цілих м'язів або іншого напівфабрикату, вигляд якого максимально демонструє походження сировини (за видом сільськогосподарських або диких тварин). Другою причиною застосування цільном'язових порцій сировини є прагнення максимально зберегти смако-ароматичні речовини, які в тому числі значною мірою містяться у сполучній та жирових тканинах. Крім того, варто відзначити, що, згідно кулінарної та технологічної практики, а також численних досліджень, більшість відрубів та конкретних м'язів туші відрізняються не лише за співвідношенням м'язової, сполучної та жирової тканини, але і їх якісним складом, включаючи профіль жирних та амінокислот, співвідношення білків. Таким чином, використання різних відрубів та м'язів створює характерний для кожного з них профіль смако-ароматичних сполук, флейвор, а також впливає на вихід, консистенцію, колір та смак готового продукту, що є критично важливим при використанні технології *Sous Vide*, зважаючи на максимальне збереження смако-ароматичних речовин у продуктах, оброблених за даною технологією. При використанні попередньо подрібненої або емульгованої сировини відбувається так зване «змішування» усіх летких та інших смако-ароматичних речовин м'язової та інших тканин. Окрім цього спостерігається значно вищий рівень втрат даних речовин, що не в останню чергу викликано власне фізичним впливом подрібнення та супутніми втратами вологи або/ та її заміщенням на додатково внесену вологу, що характерно для переважної більшості реструктурованих та ковбасних виробів. Третьою причиною застосування обвалювання з відокремленням (максимально можливим) цілих м'язів є потреба у підборі режимів термічної обробки для приготування кожного виду продукту з мінімально можливими втратами та максимальним збереженням смако-ароматичних сполук. При проведенні обробки за технологією *Sous Vide* критично важливим є суворе дотримання точних температур термічної обробки, що встановлюються для кожного виду

сировини (а часто і продукту) індивідуально методами практичної та теоретичної оптимізації. Дані температурні умови як правило обґрунтовані морфологічними та кулінарними особливостями кожного виду сировини. Як доведено дослідним шляхом, термічна готовність для різних типів м'ясної сировини настає протягом різного часу. Проте, варто ширше розглянути власне термін «термічна готовність». Починаючи аналіз даного терміну, варто визначати головні цілі термічної обробки. Перша ціль термообробки – створення безпечного продукту, який не викликав би негативних проявів у організмі людини протягом та після вживання такого продукту. Оскільки широко відомі м'ясопродукти, які не проходять високотемпературної обробки, такі як сиров'ялені та сирокочені вироби, проте є безпечними та прийнятними для споживача, можна зробити висновок, що головну умову безпечності продукту – мікробіологічну стабільність, можна забезпечити, уникаючи високотемпературного нагріву, проте такий підхід не є прийнятним для обраної нами технології. З точки зору мікробіологічного благополуччя найбільш обсіміненою сировиною є м'ясо птиці. Друга ціль термообробки – створення прийняттого для споживача набору органолептичних характеристик. Знову ж таки, на прикладі існуванні сиров'ялених виробів можна продемонструвати, що досягнення високих органолептичних характеристик можливе і без високотемпературного нагріву, проте дані методи не сумісні з технологією *Sous Vide* у більшості випадків. Термічна готовність продукту окрім інших факторів визначається за органолептичними ознаками, такими як вигляд продукту на розрізі, зміни пластичності продукту, відділення вологи та колір відділеної вологи після термічної обробки. Продукти з більшим вмістом сполучної тканини та із більш щільною структурою м'язових волокон (такі, як продукти з яловичини) потребують більшого часу термічної обробки, або більшого впливу термічних ефектів внаслідок збільшення температури.

Для виробів, оброблених за технологією *Sous Vide* встановлення різних температур обумовлене тим, що зміщення температури обробки в більшу чи меншу сторону навіть на 1 К може призвести до формування інших

характеристик готового продукту, що особливо критично для продуктів, які проходять довготривалу (понад 2,5 год) термічну обробку. Вплив вакууму проявляється не лише у створенні щільного пакування та середовища, яке упереджує екстракцію в навколишній простір летких смако-ароматичних сполук та тих сполук, які розчиняються у волозі, що відділяється у процесі термічної обробки. Таким чином, температура термічної обробки відіграє ключову роль в технології *Sous Vide*.

Остигання готових продуктів може проводитись як і за допомогою холодного повітря, так і з попереднім душуванням або форсунковим зрошенням. Попри це, зважаючи на походження досліджуваної технології у її класичному вигляді від традиційних кулінарних методів, здебільшого використовують охолодження за допомогою холодного повітря. З огляду на те, що остигання проходить у полімерному пакуванні, різниця між методами охолодження не є настільки принциповою, як аналогічна різниця між методами охолодження для ковбасних та реструктурованих продуктів. Також вагому роль грає фактор присутності відділеної у процесі термічної обробки вологи в середовищі розрідження разом із продуктом. У разі, якщо в процесі термічної обробки не відділилась волога, полімерне покриття пакування відіграє роль штучної оболонки, упереджуючи висихання або зміну кольору поверхні продукту.

2.2 Схеми проведення досліджень

Дисертаційну роботу виконано на базі Проблемної наукової лабораторії Національного університету харчових технологій, Кафедри технології м'яса та м'ясопродуктів Національного університету харчових технологій. Дослідну роботу та виробництво зразків продукції також проводили на базі підприємств ТОВ «Фудмережа» (м. Київ), м'ясопереробного підприємства ТОВ «Забіяка» (м. Луцьк), а також апробацію результатів роботи проводили на базі підприємств ТОВ «Наша» та ТОВ «Бабушкин сад».

В роботі було використано наступні види сировини, інгредієнтів та обладнання

Філе та стегно курчат-бройлерів за ДСТУ 3143-2013.

Яловичину та свинину за ДСТУ 4590: 2006 «Напівфабрикати м'ясні натуральні від комплексного ділення свинини за кулінарним призначенням. Технічні умови».

Препарат трансклятамінази Prodamix Stabil 140 BDF з активністю ферменту активністю 140 од.

Стартові культури захисної дії *Lactobacillus curvatus* Texel M5.

Суміш триполіфосфатів «Номіна мікс» (E450, E451, E452)

Цитратна суміш Zarter ТМ «Ковбасна справа»

Сіль кухонна за ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 13830-97) Сіль кухонна. Загальні технічні вимоги.

Рис за ДСТУ 4965:2008.

Структурно логічна схема досліджень наведена на рисунку 2.2. Постановка експерименту включала в себе такі загальні етапи, як аналітичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні дослідження, а також проведення економічної оцінки отриманих результатів.

При проведенні досліджень доцільно користуватись так званим «ступінчастим» алгоритмом. Застосування даного принципу полягає у тому, що першим етапом досліджень завжди є ті фізико-хімічні та функціональні дослідження, які дозволяють визначити базові показники вхідної сировини, після чого визначають зміни основних характеристик сировини в процесі переробки за обраною технологією. Наступним етапом у дослідженнях є встановлення впливу тих факторів, які піддаються регулюванню та оптимізації в процесі розробки нової технології в ході досліджень. Після встановлення характеристик вхідної сировини, їх залежності від впливу основних технологічних факторів та вибору оптимальних інгредієнтів проводять відпрацювання технологічного процесу, регулюючи параметри (режими обробки та вміст інгредієнтів) згідно залежностей та результатів взаємодії обраних інгредієнтів у системі продукту.



Рисунок 2.2 – Структурно-логічна схема досліджень

Основною причиною такого підходу є виникнення синергетичних або протилежних їм взаємодій у процесі протікання процесів обробки продукту.

Аргументи на користь використання даної схеми наступні:

- 1) Існує чітка залежність між функціональними показниками вхідної сировини та відповідними показниками готового продукту
- 2) Дана схема дозволяє напрацювати обсяг даних щодо характеристик кожного виду сировини, що полегшує подальше редагування рецептури продукту.
- 3) Дана схема дає можливість почати новий етап досліджень, спираючись на будь-який із попередніх етапів без необхідності у новому зборі даних
- 4) Базуючись на даній схемі, можна відстежувати синергетичні взаємодії інгредієнтів у різних умовах
- 5) Можна регулювати кількість досліджень відповідно до кількості змінних параметрів та факторів експерименту.

Загальний алгоритм досліджень наведено на рис. 2.3

Розподіл методів досліджень відповідно до етапу визначення показників сировини. На першому етапі застосовують наступні методи. Для м'ясної сировини визначають такі показники – вологозв'язувальна здатність (методом пресування та методом центрифугування), рН сировини (потенціометричним методом), рН водної витяжки сировини та солевмісної витяжки сировини (2% рочин солі) та загальний вміст вологи (арбітражним методом).

Для допоміжної сировини використовують наступні методи – визначення розчинності у розсолі, рівень зв'язування вологи (методом центрифугування), рН 1% та 5% розчинів, в'язкість гелю та його синерезис, втрати гелю у процесі заморожування, вплив на вихід продуктів та густину розсолу при ін'єктуванні. Для ферментної сировини додатково досліджують вплив на пластичність різних видів сировини в якості показника, який демонструє міру впливу ферменту на різні типи сировини.

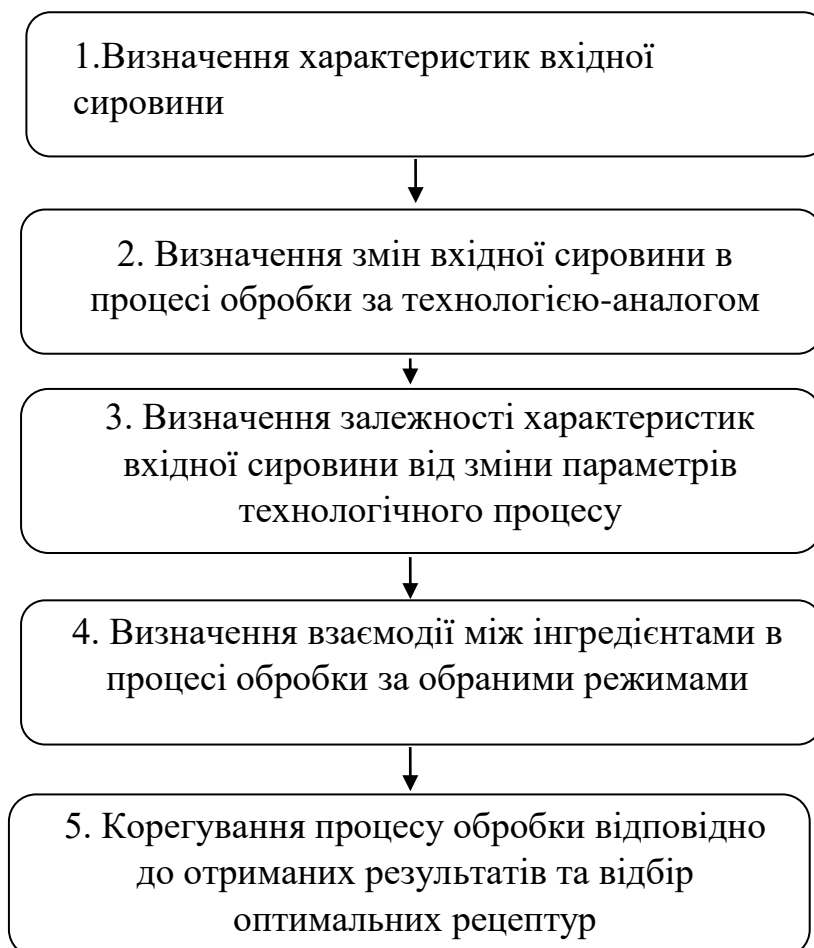


Рисунок 2.3 – Алгоритм визначення основних показників досліджуваної сировини

На другому етапі для м'ясної сировини визначають втрати в процесі термічної обробки (при варінні за температури 60-62 °С та 75-78 °С арбітражним методом), загальний вміст вологи, рН водної та солевмісної витяжки готового продукту, рН відділеного в процесі обробки бульйону (потенціометричні методи), вологоутримуючу, жирутримуючу та вологозв'язувальну здатності (за допомогою жироміра та методом пресування), пластичність (методом пресування). Для допоміжної сировини використовують методи, аналогічні методам першого етапу, порівнюючи паралельні результати до і після термічної обробки - визначення розчинності у розсолі, рівень зв'язування вологи (методом центрифугування), рН 1% та 5% розчинів,

в'язкість гелю та його синерезис, втрати гелю у процесі заморожування, вплив на вихід продуктів та густину розсолу при ін'єктуванні.

2.3. Удосконалення технологічної схеми обробки м'яспородуктів за технологією Sous Vide

Представлена у пункті 2.1 технологічна схема (так звана «традиційна») виробництва продуктів за досліджуваною технологією має ряд недоліків, зазначених в розділі 1, а саме:

1) Високий час обробки сировини із високим вмістом сполучної тканини, або з специфічною структурою м'язових волокон (наприклад яловичина, некондиційна свинина, м'ясо свиноматок, некондиційне м'ясо птиці).

2) Низький вплив термічної обробки на умовно-патогенну мікрофлору для таких видів сировини, як м'ясо птиці

3) Короткі терміни зберігання готової продукції

4) Велике навантаження на виробничі потужності, зокрема на ділянку термічного оброблення, внаслідок довготривалої обробки сировини. Звідси – низька пропускна здатність виробничих потужностей за даним видом продукції.

У зв'язку з цим, запропоновано наступний алгоритм пошуку технологічних рішень (рис. 2.4). Для відбору оптимальних інгредієнтів після проведення відбору сировини за загальними характеристиками (пункт 2.3) пропонується внести наступні зміни у технологічну схему (рис. 2.1) обробки продуктів за технологією Sous Vide

1) На етапі підготовки сировини застосовувати не лише м'ясо курчат-бройлерів, але і яловичину та свинину, отриману від свиней як другої, так і четвертої категорій. Дані види сировини на даний момент застосовуються у технології Sous Vide досить з певними обмеженнями, так як мають велику жорсткість тканин та потребують тривалих режимів термічної обробки. Щоб уникнути даних технологічних кроків, пропонується внести зміни у методи підготовки сировини.

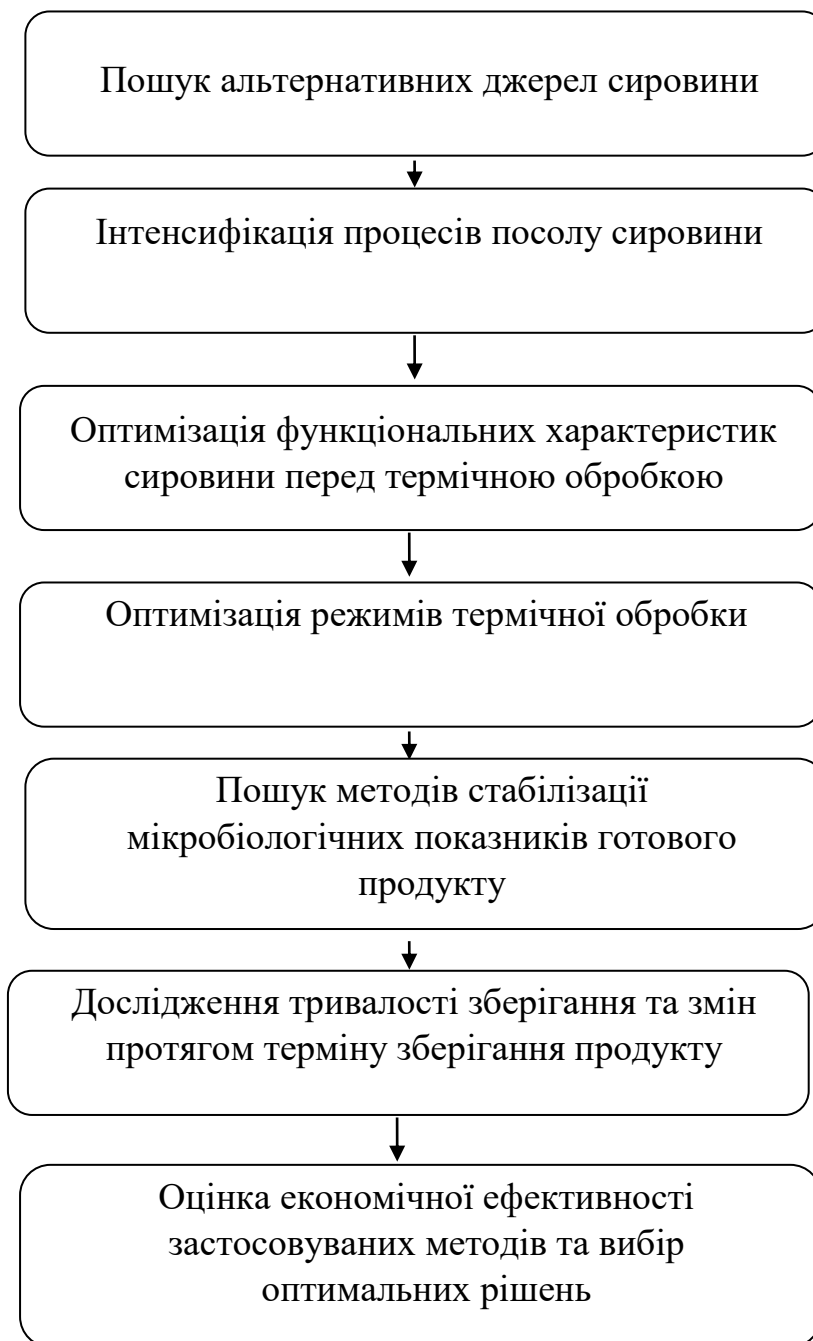


Рисунок 2.4 – Алгоритм пошуку технологічних рішень з удосконалення технології Sous Vide

2) Для інтенсифікації посолу сировини пропонується проводити ін'єктування функціональними сумішами, рецептури яких будуть оптимізовані за допомогою наведених у пункті 2.3 алгоритмів. В якості базової рецептури пропонується розглянути дві альтернативні функціональні інгредієнти – харчові триполіфосфати з довгою структурою фосфатного ланцюжка та цитрат

натрію. Дані інгредієнти позитивно впливають на активацію білків у м'язових волокнах сировини та знайшли широке застосування у технології виробництва більшості ін'єктованих м'ясопродуктів. Також у рецептуру розсолів включають суміш гідроколоїдів – К-карагіннан та ксантанову камедь.

Режими ін'єкування відбирають, виходячи із особливостей м'ясної сировини. В якості базового режиму для м'яса птиці використовують внесення до 25 % ін'єктажу від маси основної сировини при тиску 0,2-0,3 МПа. Після цього проводять масування, приймаючи за базовий режим для м'яса птиці 5 обертів на хвилину протягом 1 год.

Для того, щоб порівняти режими термічної обробки проводять оптимізацію даних параметрів за двома факторами – тривалістю та температурою обробки. Для м'яса птиці в якості базової тривалості обрано 140 хв, а базовою температурою – 62 °С. Крок варіювання тривалості обробки обрано 20 хв в сторону зменшення, а температури – 2 °С в сторону збільшення, отримуючи таким чином план повного двохфакторного експерименту, який буде застосовано до оптимальних за рівнем інтенсифікації посолу зразків.

Для підвищення функціональних характеристик готового виробу та збільшення тривалості зберігання готового продукту (як шляхом модифікації сировини, так і завдяки зменшенню частки вільної вологи) пропонується використовувати цільову обробку ферментативними препаратами, серед яких основним буде трансглютаміназа.

Дані ферменти мають протилежний вплив на консистенцію готового продукту, проте при застосуванні для різних видів сировини, справляють позитивний вплив на органолептичні та функціонально-технологічні характеристики готового продукту. Таким чином папаїн буде застосовуватись для обробки сировини зі значним вмістом сполучної тканини, а трансглютаміназа – для зменшення негативного впливу на пластичність продукту тривалої термічної обробки, яка потрібна для досягнення мікробіологічної стабільності готового виробу.

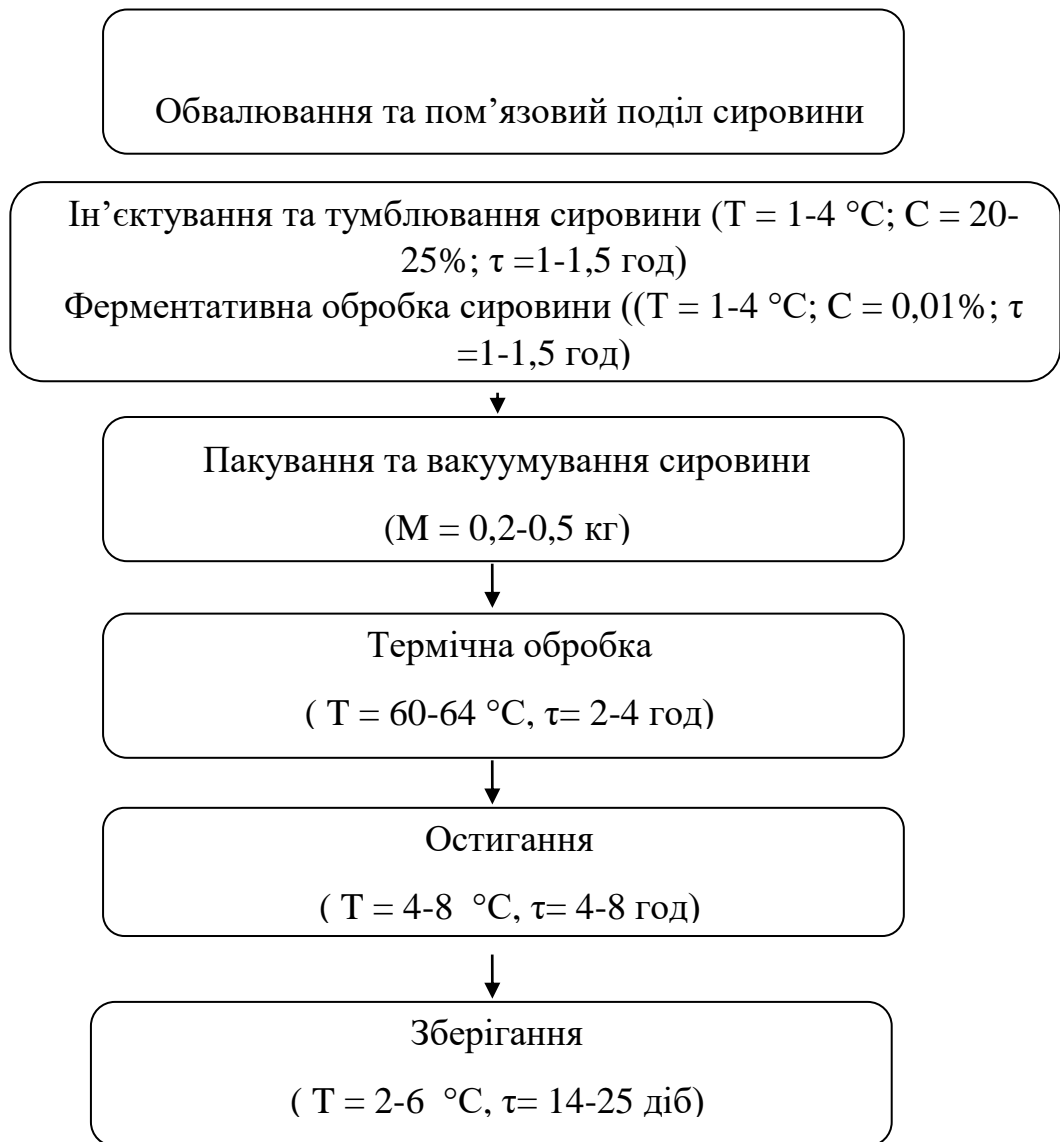


Рисунок 2.5 – Удосконалена технологічна схема виробництва продуктів за технологією Sous Vide

Для стабілізації мікробіологічних показників запропоновано використовувати групу селективних культур, які мають здатність інгібувати розвиток патогенної та умовно-патогенної мікрофлори. Також у рецептуру розсолів передбачено внесення консерванту. Порівнюючи декілька штамів комерційно доступних на ринку України станом на 2020 рік культур та консервантів, передбачена оптимізація рецептури продукту з досягненням термінів зберігання від 14 до 25 діб, залежно від виду сировини та способу обробки.

2.4. Методи досліджень

Алгоритм дослідження гідроколоїдів.

Приготування розчинів гідроколоїдів. Готують розчин у трьох концентраціях – 0,1, 0,5 та 1%. Після приготування розчин у термостійких циліндрах вміщують на водяну баню з температурою води 73 ± 2 °C та нагрівають розчин до досягнення температури розчину $69,5\pm 0,5$ °C, після чого вимикають нагрів і витримують розчин за сталої температури протягом 15 та 30 хв. Під час нагрівання фіксують температуру початку згущування розчину.

Відбирають розчини, які утворили гель. Якщо всі розчини утворили гель, то першочергово досліджують розчин мінімальної концентрації та часу нагрівання. Після нагрівання розчин у циліндрах розливають у декілька ємностей. З кожного циліндра (розчин кожної концентрації та часу нагріву) відбирають 6 пробірок та 3 менших циліндри гелю. Всі пробірки зважують до та після наповнення гелем.

Отримані зразки розподіляють на 3 партії по 2 пробірки та 1 циліндр в кожній. З двох пробірок в кожній партії зразків одну пробірку використовують для центрифугування, а іншу повторно нагрівають та також центрифугують.

Першу партію зразків досліджують після остигання в дві фази без заморожування. Спочатку зразки остигають при кімнатній температурі 2-3 год, після чого охолоджуються при температурі 4-8°C протягом 12-15 год .

Другу та третю партію зразків остуджують аналогічно першій, але після цього заморожують протягом 12-24 год та розморожують. Другу партію направляють на дослідження (центрифугування та аналіз текстури гелю). Після кожного розморожування зливають з пробірок відділену вологу (якщо вона є) та зважують пробірки. Якщо присутні втрати вологи, ці втрати (%) оцінюють за формулою (2.1)

$$\text{Втрати} = 100 \times \frac{(M_1 - M_0) - (M_2 - M_0)}{M_1 - M_0} \quad (2.1),$$

де M_2 – маса пробірки після відділення вологи при розморожуванні, г, M_0 – маса пустої пробірки, M_1 – маса пробірки з розчином до заморожування, г.

Третю партію після розморожування повторно заморожують та розморожують, після чого направляють на дослідження. Реологічні властивості визначають спочатку в циліндрі з розчином на аналізаторі текстури та ротаційному віскозиметрі. Після цього циліндр повторно нагрівають, остиджують та повторно визначають реологічні властивості.

Повторно нагрівають усі зразки (нагрів відбувається на водяній бані (за потреби пробірки вміщують в циліндр, наповнений водою) за температури 69-71 °С до досягнення температури гелю 61-65 °С та витримують протягом 120 хв. При нагріванні періодично (20-30 хв) оцінюють стан та однорідність гелю. Після нагрівання пробірку остиджують протягом 2 год при кімнатній температурі та 2 год при температурі 4-8°С. Зливають відділену вологу (якщо вона є), зважують пробірку. Якщо присутня відділена волога, то визначають значення волого-утримуючої здатності за формулою (2.2) Після цього проводять центрифугування. Центрифугування проводять у пробірках на центрифuzі при швидкості 5500 об/хв та температурі охолодження +8-12°С. Після центрифугування зливають відділену вологу та зважують пробірки. Вологозв'язувальну здатність (%) визначають за формулою (2.2)

$$ВЗЗ = 100 \times \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \quad (2.2),$$

де M_2 – маса пробірки після відділення вологи, г, M_0 – маса пустої пробірки, M_1 – маса пробірки з розчином до відділення вологи, г.

Методи вимірювання вологозв'язуючої здатності м'яса. В даний момент відомими є декілька методів, що доволі точно вимірюють зміни вмісту вологи та ступені її зв'язку в системах м'ясопродуктів. Попри це, існує перелік методів (наприклад вимірювання за допомогою осмотичного тиску, відносного тиску пари над продуктом, ізотерми адсорбції, вмісту розчиненої та

нерозчиненої води, диференційний термічний аналіз і визначення активності води), що дають різні результати та уявлення про зв'язки та вміст вологи. Разом з цим дані методи не завжди здатні дати точні кількісні або якісні дані, безпосередньо пов'язані з ВЗЗ. Оскільки у вітчизняній науковій термінології стосовно вузькоспеціального вжитку у технології м'ясопродуктів зв'язаною прийнято вважати ту частку вологи, яка відділяється при механічному впливі, усі методи, які включають термічний вплив на продукт коректно віднести до іншої категорії – методів визначення *волоگوутримуючої* здатності (надалі ВУЗ). Різниця у вимірюванні ВЗЗ та ВУЗ визначається в основному кількістю видів зв'язку вологи, які руйнуються у процесі вимірювання, а також мірі руйнування даних зв'язків. При впливі тепла велика частина вологи, яка зв'язана механічно в капілярах також відділяється внаслідок зміни парціального тиску та геометричної конфігурації самих капілярів (що в свою чергу викликано зварюванням та скороченням білкових структур тканини м'яса), проте певна її кількість може залишитись присутньою у продукті через відсутність прямого механічного впливу на поверхню зразка. В свою ж чергу, при механічному впливі (наприклад при прикладанні зовнішньої сили) велика частина вологи, яка зв'язана слабкими хімічними з'єднаннями, може залишитись у продукті. З технологічної та практичної точки зору, більше значення для економічних показників має саме ВУЗ. Проте, з точки зору впливу на сприйняття продукту кінцевим споживачем, зокрема на текстурні показники та соковитість готового продукту. Таким чином, визначення ВЗЗ дає уявлення не тільки про зміну технологічних характеристик сировини та продукту, але й про перспективність корегування рецептури або розробки нових продуктів на основі існуючого зразка задля поліпшення його сприйняття споживачем⁹².

Гравіметричні методи визначення ВЗЗ є одними з найпростіших методів, при яких втрата вологи визначається без застосування зовнішніх сил. Методи включають краплинні втрати від суспендування зразків із заданою геометрією, вагою і орієнтацією волокон під час підвішування в мішку або склянці при атмосферному тиску, а також з однаковою температурою і часом (від 1 до

декількох днів). Загалом, описано багато технік і способів реалізацій гравіметричних методів вимірювання ВЗЗ. До переваг усіх гравіметричних методів можна віднести такі : простота, мінімальна вартість проведення вимірювань, простота обрахунків результатів, простота інтерпретації отриманих значень та результатів. До недоліків методу можна віднести такі: низька швидкість вимірювань, руйнування або видалення зразка, необхідність збору додаткових відомостей про особливості та реологічні характеристики досліджуваної сировини.

Застосування зовнішньої сили: різні сили, такі як тиск, відцентрова сила, капілярний тиск, осмотичний тиск (вакуум), застосовуються до зразків для прискорення (зазвичай від хвилин до години) гравіметричних методів.

Метод пресування під дією зовнішніх сил на фільтрувальної папері є найбільш широко розповсюдженим та високо оцінюється більшістю експертів за його простоту та універсальність. Заздалегідь відважену кількість середньої проби зразка м'ясної сировини, або не подрібнену наважку із заданою геометричною конфігурацією поміщають на сухий фільтрувальний папір. Папір разом з наважкою зразка поміщається між пластинами з оргскла і піддається певному (постійному) тиску протягом заданого часу⁹³.

Переваги: висока швидкість (час визначення не перевищує 30 хвилин), можливість паралельного дослідження декількох зразків одночасно, відносна простота та доступність матеріалів для проведення дослідження. Метод пресування має кілька технік виконання на вибір, що також можна віднести до переваг даної методики.

Недоліки методу: потрібно володіти деякими знаннями стосовно походження зразка (час відбору, рН і умови пакування). Метод пресування на фільтрувальному папері не можна великою мірою співвідносити з даними, отриманими гравіметричними методами (особливо з методом втратою крапель, але отримані дані є одним з найбільш доступних для інтерпретації та моделювання функціональних характеристик виміром величини ВЗЗ.

Серед інших методів вимірювання ВЗЗ варто відзначити метод фільтрувального паперу Кауфмана, що, являє собою комбінування впливу гравіметричних сил та принципів сил поглинання (в меншій мірі). Техніка даного методу є досить простою для виконання, проте має ряд недоліків, серед яких головним є складність інтерпретації отриманих результатів і визначення їх числового вираження⁹⁴. Суть методу полягає у вимірюванні (як правило порівняльній оцінці) кількості вологи, яка виділяється на вертикальному зрізі продукту після 10-15 хвилин від нарізання цілого виробу. Таким чином, метод дозволяє комбінувати переваги гравіметричних методів і вплив кількості слабо зв'язаної вологи, що є особливо цінним з точки зору визначення характеристик свіжого м'яса або охолодженим м'ясних натуральних напівфабрикатів.

При обрахунку даних, отриманих за допомогою усіх методів, що вимагають застосування зовнішніх сил, важливо враховувати температуру та міру подрібнення проби при відборі зразків. При надмірному подрібненні середньої проби в ході вимірювань значення ВЗЗ для необробленого м'яса може виникнути перегрів наважки продукту, внаслідок чого відбудеться часткове емульгування вологи, що міститься продукти. Таким чином, частина вологи, яка зв'язується за допомогою слабких хімічних або механічних зв'язків, змінює спосіб зв'язку у продукті на сильний хімічний зв'язок. Отже, в ході подальшого проведення вимірювань, можлива значна похибка у отриманих значеннях та неадекватна інтерпретація результатів.

Залежно від того, як розраховується ВЗЗ, великі отримані значення можуть вказувати на низький або високий рівень ВЗЗ. Потрібно уточнювати деякі дані щодо методів обробки та підготовки зразків. Також, для адекватної перевірки отриманих співвідношень (наприклад при використанні методу Кауфмана), важливим є наявність правильного відбору контрольних зразків.

Визначення вологозв'язувальної здатності фаршів та готових виробів проводилось методом пресування із застосуванням вантажу сталої маси та вимірювання площі плями відділеної вологи⁹⁷.

Органолептична оцінка готових виробів. Органолептичну оцінку готових виробів проводили згідно з ДСТУ 4826¹⁰⁷.

Визначення вмісту вологи проводили методом висушування до сталої маси за ДСТУ ISO 1442:2005¹⁰⁷.

Масову частку жиру визначали з використанням екстракційного апарату Сокслет, відповідно до ДСТУ ISO 1443:2005¹⁰⁸.

Визначення рН фаршу та готових виробів проводили потенціометричним методом, вимірюючи значення рН водної витяжки продукту¹⁰⁸.

Визначення виходу і втрат при термообробці м'ясних виробів проводили арбітражним методом, зважуючи масу напівфабрикату до та після термічної обробки¹⁰⁹.

Визначення вмісту білку за допомогою біуретового реактиву.

Готують витяжку продукту аналогічно методиці визначення рН (1:10), після чого відбирають 10 мл витяжки у мірну колбу місткістю 100 мл і доводять до мітки дистильованою водою. Після чого відбирають 1 мл розчину, вносять в пробірку і додають 4 мл біуретового реактиву. Витримують протягом 20 хв і вимірюють оптичну густину на фото-електро-колориметрі при довжині хвилі 560 Нм. Паралельно готують контрольні зразки, завідомо стандартизовані за вмістом білку і будують калібрувальний графік оптичної густини, з яким порівнюють отримані значення дослідних зразків і таким чином встановлюють вміст білку в дослідному зразків.

Визначення вмісту кухонної солі проводилося за методом Мора згідно з ГОСТ 9957¹¹¹.

Визначення стабільності розсолів проводили шляхом розчинення та перемішування при частоті 100-120 хв⁻¹ інгредієнтів розсолу у воді температурою 1-4 °С. Отриманий розсіл вносили у пробірку для центрифугування та проводили центрифугування протягом 5 хв за частоти обертів 3500 хв⁻¹. Після центрифугування отриманий фугат зливали та зважували частку розсолу, який залишився у пробірці. Стабільність розсолів

визначали як співвідношення кінцевої до початкової маси розсолу, виражене у відсотках.

Математико-статистичні методи досліджень включали в себе постановку досліджень окремих серій та етапів згідно планів повних двох- або трьохфакторних експериментів, залежно від необхідної кількості задіяних на певному етапі факторів. Усі вимірювання проводились в кратності 5 повторів, а відсіювання отриманих значень проводили через обрахунок коефіцієнтів дисперсії вибірки. Також розраховували середньоквадратичну, абсолютну та відносну похибки, що мало на меті відсіювання випадючих точок у отриманому наборі даних.

Побудова рівнянь регресії проводилась відповідно до алгоритму, що включав наступні кроки:

- Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії (після оцінки значущих даних).
- Відсіювання невагомих коефіцієнтів відповідно до критерії Фішера та Стьюдента з довірчим інтервалом 0,95.
- Розкодування змінних, виходячи зі значень нульового фактору, верхньої та нижньої межі досліджуваних факторів.
- Перевірка отриманого рівняння.

Розрахунок економічної ефективності впровадження удосконаленої технології проводили згідно загальноприйнятих методів розрахунку собівартості сировини, адміністративних, амортизаційних та інших витрат .

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Обрано методи дослідження вхідної сировини, розсолів та функціонально-технологічних показників готової продукції, серед яких дослідження ВЗЗ, ВУЗ та ЖУЗ, виходу та втрат при термічній обробці готових продуктів, а також вмісту вологи у сировині та готовій продукції.

2. Обрано методи статистичної та математичної обробки отриманих результатів вимірювань, а також загальні підходи до постановки окремих етапів експериментальних досліджень. Дані методи включали в себе постановку досліджень окремих серій та етапів згідно планів повних двох- або трьохфакторних експериментів, залежно від необхідної кількості задіяних на певному етапі факторів, розрахунок середньоквадратичну, абсолютну та відносну похибки, що має на меті відсіювання випадваючих точок у отриманому наборі даних.

2. Проаналізовано недоліки традиційної технології виробництва продуктів за технологією “Sous Vide”. Серед основних недоліків можна виділити короткі терміни зберігання та ризики мікробіологічного псування продукції; високий час обробки сировини із високим вмістом сполучної тканини, або з специфічною структурою м'язових волокон (наприклад яловичина, некондиційна свинина, м'ясо свиноматок, некондиційне м'ясо птиці); низький вплив термічної обробки на умовно-патогенну мікрофлору для таких видів сировини, як м'ясо птиці; короткі терміни зберігання готової продукції, велике навантаження на виробничі потужності, зокрема на ділянку термічного оброблення, внаслідок довготривалої обробки сировини.

3. Наведено удосконалену технологічну схему виробництва м'ясопродуктів за технологією “Sous Vide” із застосуванням цільової ферментації. Дана схема додатково включає в себе ін'єктування та тумблювання м'ясної сировини, передбачаючи використання розсолу із вмістом трансглютамінази для досягнення концентрації даного ферменту у м'ясній сировині до 0,01 % від маси сировини.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА РЕЦЕПТУР М'ЯСОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФЕРМЕНТАЦІЇ

3.1 Фізико-хімічні та технологічні властивості м'ясної сировини

Для визначення фізико-хімічних властивостей вхідної сировини важливим є встановлення міри впливу досліджуваних ферментів та методу обробки (низькотемпературна термічна обробка в умовах розрідження) на кожен із основних видів м'ясної сировини, що можуть потенційно бути обраними для використання у рецептурах розроблюваних продуктів. На першому етапі було визначено фізико-хімічні та функціонально-технологічні характеристики свинини, яловичини, філе та м'яса стегна курчат-бройлерів^{119, 120}.

Відповідно до плану експерименту було виготовлено 8 зразків із використанням різних видів сировини. Розроблені зразки розподілено за типом використовуваної сировини, передбачаючи 2 зразки для кожної групи. Виходячи з постановки експерименту, представлено групи зразків із використанням яловичини I сорту, м'яса стегна курчат-бройлерів, філе курчат-бройлерів, м'яса стегна курчат-бройлерів та свинини нежирної. Для виробництва зразків із використанням свинини нежирної було обрано кулінарні напівфабрикати дрібношматкові – биток свинячий. Оброблення м'яса курчат-бройлерів проведено відповідно до поділу частин тушок, зокрема філе курчат-бройлерів використано як цільний м'яз без кісток, а стегно – як частина чверті курчат-бройлерів. Оброблення усіх видів сировини проводили без заморожування у охолоджену, також процес підготовки не включав в себе посол та дозрівання м'ясної сировини. Після проведення зачищення та миття м'ясну сировину усіх видів ділили на порційні напівфабрикати та проводили ін'єктування розсолу при тиску 0,15-0,2 Бар. Частка ін'єктування розсолу складала 20% від початкової маси основної м'ясної сировини. Рецепт розсолу, що використовувався для першої групи виробів (для зразків на основі усіх видів м'ясної сировини) включала в себе як функціональний інгредієнт цитрат натрію, а група зразків з індексом 2 включала в якості основного

функціонального інгредієнту суміш триполіфосфатів. Головною ціллю даного етапу роботи прийнято встановлення відмінностей у характеристиках виробів з різними режимами термічної обробки. Отже, використовувані режими термічної обробки були різними для груп зразків 1 та 2. Після ін'єктування сировини, дозрівання напівфабрикату та видалення надлишку розсолу протягом 1 год, напівфабрикати пакували у полімерну плівку із вакуумуванням та направляли у термічні камери для термообробки, що передбачала два етапи. Зразки групи 1 із використанням м'яса курчат-бройлерів обробляли в камерах при температурі 60 °С за тривалості обробки 120 хв, а зразки на основі яловичини та свинини – при 60 °С протягом 90 хв. Зразки із використанням філе курчат-бройлерів з групи 2 обробляли в термокамері при температурі 66 °С протягом 60 хв, зразки стегна курчат-бройлерів – 75 хв, а зразки із використанням свинини та яловичини – протягом 45 хв. Різний час термічної обробки має на меті компенсувати перш за все відмінності у мікробіологічних характеристиках та частки зв'язування внесеного розсолу в товщі тканин сировини. Після термічної обробки вироби вивантажували та направляли на остигання за температури 18-20 °С протягом 2 год ¹¹⁹.

Таблиця 3.1 – Постановка експерименту на першому етапі

Номер зразка	Сировина	Температура обробки, °С
1	Філе курчат-бройлерів	60
2		66
3	Стегно курчат-бройлерів	60
4		66
5	Свинина нежирна (філей)	60
6		66
7	Яловичина (вирізка)	60
8		66

В якості досліджуваних характеристик обрано наступні – пластичність готових виробів, значення рН продукту та відділеного бульйону, частку жиру та вміст вологи в готовому продукті та вологозв'язувальна здатність (ВЗЗ). Частку відділеного бульйону та вихід при термічній обробці вимірювали за допомогою арбітражного методу. Вимірювання значень рН проводили потенціометричним методом із застосуванням лабораторного рН-метра. Підготовку проби зразків екстрагуванням проводили з використанням дистильованої води у співвідношенні 10:1 по відношенню до наважки готового продукту та часом експозиції 30 хв. Вміст вологи вимірювали шляхом сушіння наважки (3-5 г) середньої проби продукту при 120-130 °С до сталої маси. Значення ВЗЗ вимірювали за допомогою методу пресування. Вміст жиру встановлювали шляхом екстрагування на апараті Соксклета.

Також було досліджено мікробіологічні показники готової продукції. Проведено визначення рівня МАФМ (КУО/г), вміст бактерій групи кишкової палички в 1,0 г, дріжджів та плісняви (КУО/г). Кількість досліджуваних типів мікроорганізмів визначали за допомогою загальноприйнятих методів відповідно до нормативної документації для готових продуктів.

Визначення фізико-хімічних показників готових виробів

Значення досліджуваних характеристик для зразків після термічної обробки приведено в табл.3.2. Отже, значення досліджуваних фізико-хімічних характеристик першої та другої груп зразків були співставними для зразків із використанням усіх типів сировини, не включаючи зразки зі стегна курчат-бройлерів. В зразках на основі стегна курчат-бройлерів фіксується істотна відмінність між рівнями вмісту вологи для зразків 1 та 2 (63,86 % для зразка 1 та 49,7 – для зразка 2). Величина такої розбіжності значень вмісту вологи може є наслідком наявності у термічно не обробленій сировині складових, що впливають на рН продукту, нейтралізуючи таким чином вплив доданих із розсолем складових. Як приклад, внесення кислих фосфатів нівелює зміщення рН внаслідок впливу лужних цитратів. Варто відзначити вагому різницю у кількості відділеного жиру, яка характерна для зразків з використанням стегна

курчат-бройлерів. Така вагома розбіжність може бути спричинена відносно великою різницею рівнів жирозв'язувальної здатності білків, які в свою чергу піддавались впливу складових розсолу. В той же час великою є розбіжність частки жиру у виробках із використанням свинини, але таку різницю значень можна пояснити не тільки різницею впливу доданих функціональних складових, а і відмінностями реологічних характеристик (беручи до уваги характеристики дрібношматкових напівфабрикатів)¹²⁰.

Значення функціонально-технологічних характеристик зразків після термічної обробки. Беручи до уваги зміни функціонально-технологічних характеристик, усі отримані значення ВЗЗ готових продуктів знаходяться на одному рівні, в той же час, як вагомі розбіжності спостерігаються у значеннях пластичності продукту. Найбільша різниця значень ВЗЗ встановлена для зразків із використанням свинини (69 % та 81%), проте великою є також різниця значень ВЗЗ між зразками із яловичини (80% проти 73%). Найбільша різниця значень пластичності зафіксована у групі зразків із використанням м'яса курчат-бройлерів. Мінімальне значення пластичності зафіксовано у зразку 1 із використанням філе курчат-бройлерів. Притаманним є те, що при зміні режимів термічної обробки вплив даного фактору спричиняє більшу зміну пластичності продуктів на основі філе та стегна курчат-бройлерів, ніж аналогічна зміна пластичності для виробів з однаковим видом обробки. Також різниця значень пластичності та ВЗЗ може бути пояснена відмінностями у ступенях проникності гідроколоїдів у розсолі, при впливі на різні види сировини. Таким чином, можна зробити припущення про меншу проникність компонентів розсолу при обробці яловичини, що виражається у зміні значень пластичності, а саме низькому рівні значень даної характеристики та їх малою варіативністю.

Базуючись на отриманих даних, можна зробити висновки про високу варіативність пластичності та консистенції готових продуктів при заданому діапазоні зміни режимів термічної обробки. Серед усіх видів досліджуваної сировини найбільшу залежність пластичності продукту від режимів обробки зафіксовано для зразків із використанням філе курчат-бройлерів. Виходячи з

бажаних характеристик продукту, підбір тривалості та температури обробки може включати в себе використання більш або менш низькотемпературної обробки, гарантуючи при цьому стабільність характеристик консистенції виробів. Вміст жиру для виробів із використання стегна курчат-бройлерів зазнає значного впливу зміни температури термічної обробки, що позначається також на кількості відділеного жиру та бульйону під час впливу нагрівання на порційний напівфабрикат. При розробці продуктів, рецептура та органолептичні характеристики якого передбачатимуть утримання жиру у товщі продукту для досягнення заданого рівня соковитості, доцільним є оброблення сировини для таких продуктів при більш низьких температурах (враховуючи збільшення часу термічної обробки напівфабрикату)

Таблиця 3.2 – Показники досліджуваних зразків

Найменування	pH бульйону	pH	Вміст води, %	ВЗЗ, %	Пластичність, кг/см ²	Вміст жиру, %
Філе 1	5,95±0,08	5,97±0,05	69,36±2,05	76,1±1,2	336,67	5,45
Філе 2	6,1±0,11	6,19±0,05	72,91±1,85	78,2±2,0	460	4,67
Стегно 1	6,4±0,15	6,45±0,05	63,86±1,65	68,6±1,6	503,33	20,24
Стегно 2	6,65±0,05	6,63±0,12	49,47±1,45	68,9±1,9	433,33	63,38
Свинина 1	6,15±0,07	5,88±0,15	65,13±1,75	69,3±2,0	333,33	11,97
Свинина 2	6,1±0,08	6,1±0,22	64,78±2,00	81,3±2,0	376,67	14,81
Яловичина 1	5,9±0,12	5,8±0,10	51,19±1,18	80,2±1,8	356,67	42,03
Яловичина 2	5,95±0,04	5,91±0,16	52,27±1,34	73,7±2,1	366,67	37,19

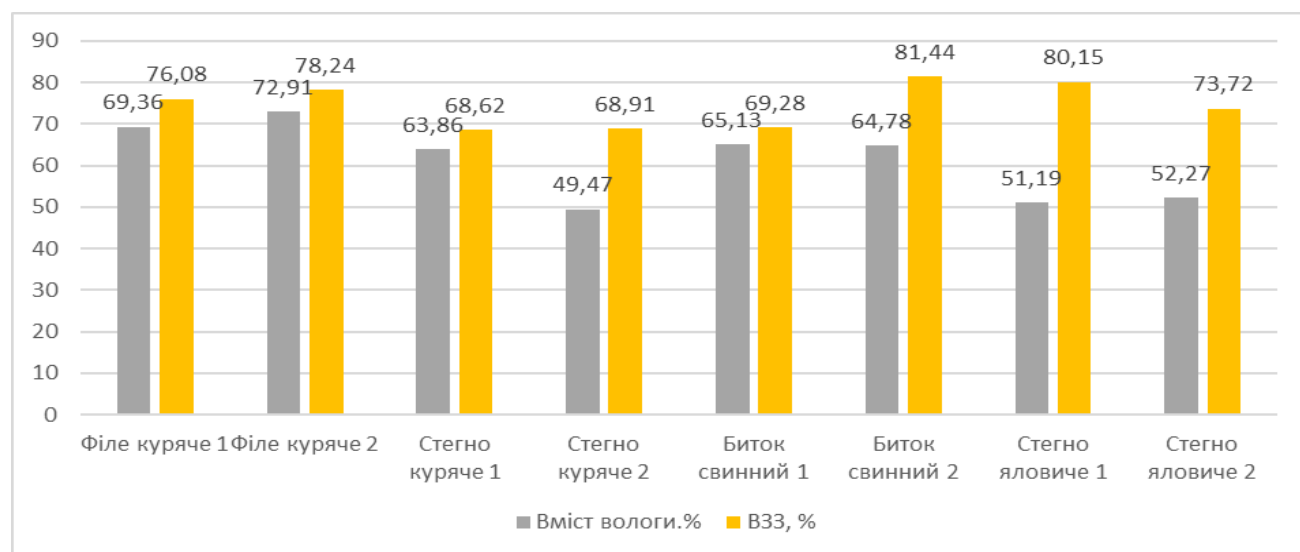


Рисунок 3.1 – Вологовміст та ВЗЗ досліджуваних зразків першого етапу

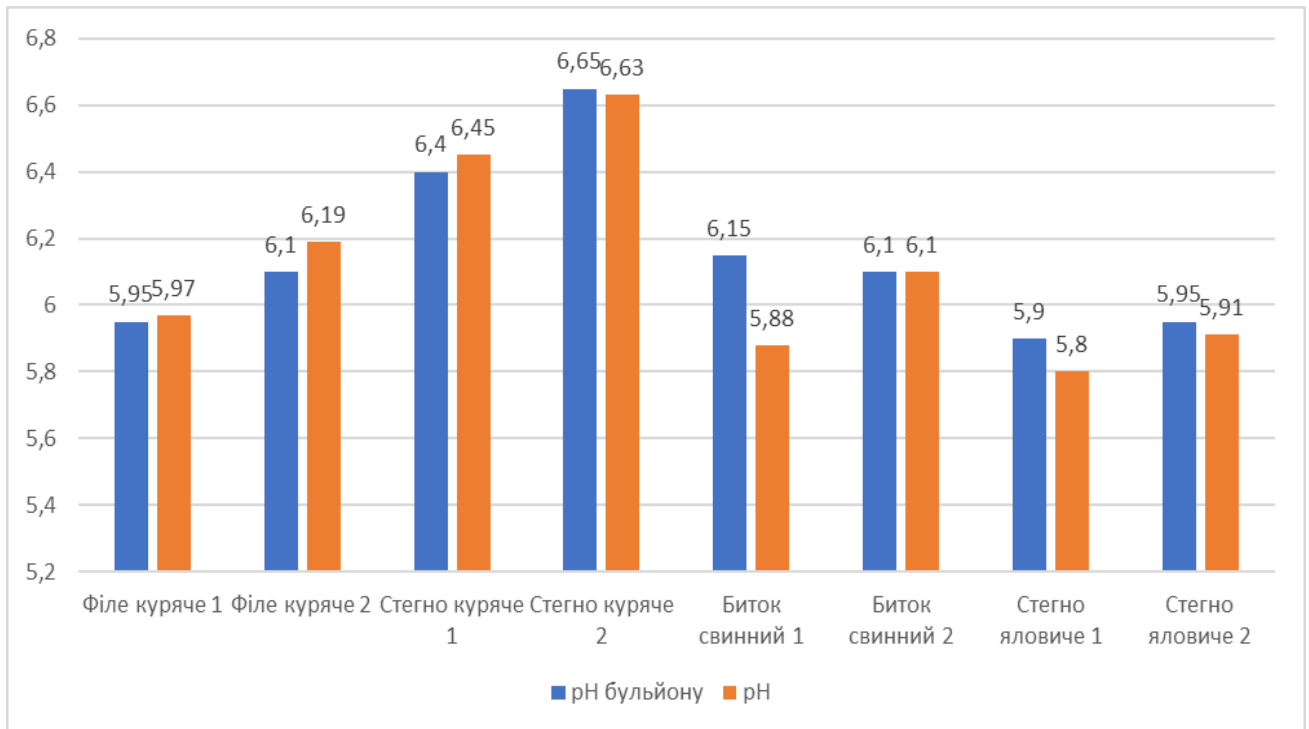


Рисунок 3.2 – Значення рН досліджуваних зразків першого етапу

Визначення мікробіологічних показників готових виробів

Бактеріологічний аналіз м'ясопродуктів передбачає вимірювання: бактерій групи кишкової палички та загальної кількості мікроорганізмів.

Мікробіологічні дослідження сировини та готових виробів проводили згідно ГОСТ 9958-81 та ГОСТ 10444.15. Вимірювання рівня БГКП (колі-форми) проводили відповідно з ГОСТ 9958-81; Визначення кількості патогенних мікроорганізмів, включаючи бактерії роду *Salmonella* проводили згідно з ДСТУ EN 12824:2004, а кількість сульфит редукуючих клостридій – відповідно до ГОСТ 9958-81;

Присутність кишкової палички у внутрішніх шарах виробу є свідченням порушення технологічних процесів, перш за все включаючи режими термічної обробки, або може свідчити про недостатній рівень санітарії виробництва. Мікробіологічний аналіз готових виробів, оброблених за технологією “Sous Vide” має наступний алгоритм дій - приготування мазків із поверхні та товщі готового виробу, посіви на поживні середовища з послідуочим дослідженням отриманих культур, а також визначенням кількості мікроорганізмів в 1 г проби.

Для мікробіологічного аналізу відбір проб проводили на поверхні та із середини продукту. За допомогою стерильних ножиць відділяли два шматочки готової котлети і прикладали до поверхні предметного скла. Підсушували, фіксували їх над полум'ям пальником, фарбували по Грамму і мікроскопіювали.

Суть методу визначення загальної кількості мікроорганізмів в кулінарних виробках полягає в здатності мезофільних анаеробів і факультативних анаеробів рости на поживному агарі при температурі $(37\pm 0,5)$ °C з утворенням колоній, видимих при збільшенні в 5 раз.

Результати мікробіологічного аналізу готових виробів приведено у табл.3.3. З отриманих результатів можна зробити висновок про те, що умовно-патогенна та патогенна мікрофлора зазначала достатнього летального впливу в процесі термічної обробки продукції. Для всіх зразків досліджуваних виробів значення вмісту мікроорганізмів не перевищує межі, що регламентуються згідно нормативної документації. В майбутніх дослідженнях доцільним є дослідження зміни тривалості зберігання продукції, обробленої за даною технологією та порівняння значень цього показника для продукції із застосуванням цитратів та триполіфосфатів у рецептурі. З отриманих даних можна зробити наступні висновки:

- застосування розсолів, що містять у рецептурі цитрати та гідроколоїдів у технології “Sous Vide” для м'ясопродуктів є раціональним для продуктів на основі яловичини I сорту, м'яса курчат-бройлерів та свинини нежирної, що підтверджується високими функціонально-технологічними показниками готових виробів
- Найбільш ефективним в досліджуваному діапазоні внесення розсолу та режимів термічної обробки є використання в якості основної сировини м'яса курчат-бройлерів.

Таблиця 3.3 – Мікробіологічні показники готових виробів

	МАФА М, КУО/г	БГКП в 1,0 г	Пліснява, КУО/г	Дріжджі, КУО/г
Стегно яловиче І	$4,0 \times 10^1$	Не виявл.	<10	$1,0 \times 10^1$
Стегно яловиче ІІ	<10	Не виявл.	<10	$3,0 \times 10^1$
Биток свин. І	$3,5 \times 10^1$	Не виявл.	<10	<10
Биток свин. ІІ	<10	Не виявл.	<10	<10
Стегно курчат-бройлерів І	<10	Не виявл.	<10	<10
Стегно курчат-бройлерів ІІ	<10	Не виявл.	<10	<10
Філе курчат-бройлерів І	<10	Не виявл.	<10	<10
Філе курчат-бройлерів ІІ	<10	Не виявл.	<10	<10

Максимальні значення функціонально-технологічних та органолептичних характеристик було отримано у зразках із застосуванням 20 % розсолу, що містив у рецептурі цитрати за умов термообробки за двома запропонованими методами. Головною передумовою редагування режимів термообробки повинні бути бажані органолептичні характеристики готових виробів, зважаючи на те, що корегування режимів термообробки ефективніше впливає на продукти з філе та стегна курчат-бройлерів. Даний вплив найбільше проявляється в змінах пластичності готового продукту та відділенні вологи при тепловій обробці. На майбутніх етапах роботи доцільно дослідити відмінності впливу фосфатних та цитратних інгредієнтів на продукти з різних частин тушки курчат-бройлерів.

Значення рівня вмісту мікроорганізмів у готових виробках були в межах дозволених нормативною документацією для усіх зразків. Але, варто звернути увагу на те, що подальших досліджень потребує ефективність впливу застосування комбінацій гідроколоїдів та фосфатних або цитратних інгредієнтів на різні види частини тушок курчат-бройлерів. Також важливим є визначення кислотного та пероксидного чисел при обробці різних видів м'яса птиці.

Динаміка зміни кислотного та пероксидного чисел для стегна та філе курчат-бройлерів наведено на рис. 3.3 - 3.6.

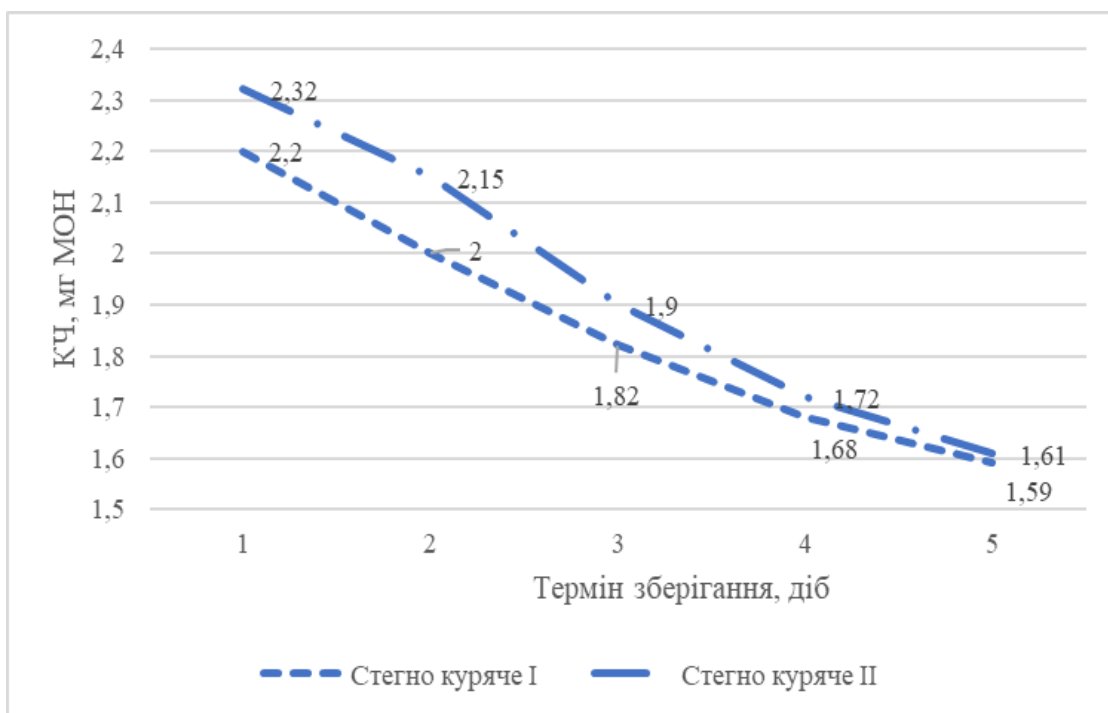


Рисунок 3.3 – Значення кислотного числа зразків стегна курчат-бройлерів

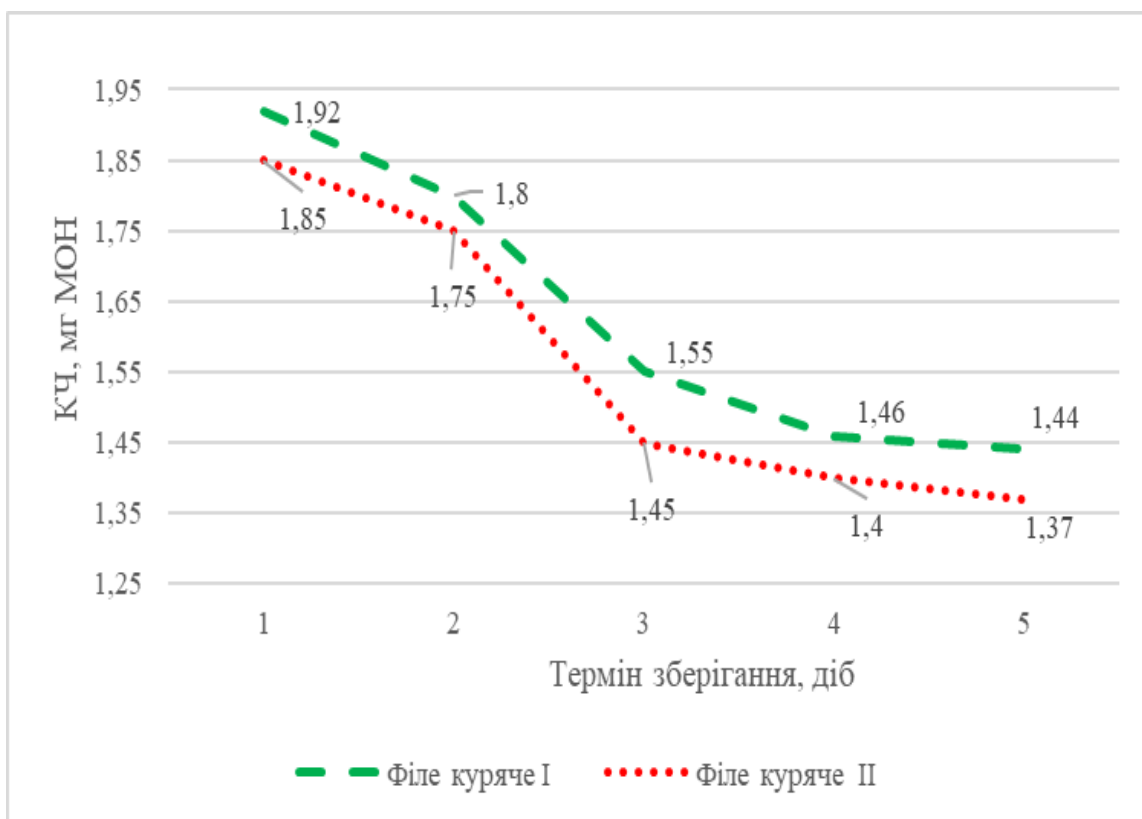


Рисунок 3.4 – Значення кислотного числа зразків філе курчат-бройлерів

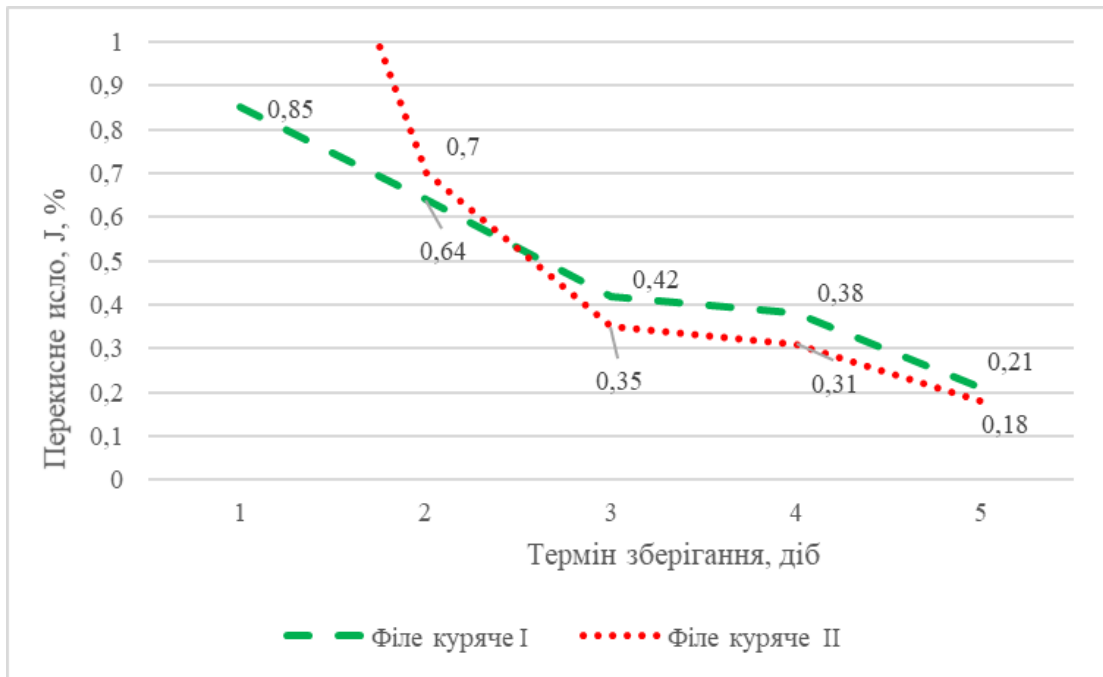


Рисунок 3.5 – Значення перекисного числа зразків філе курчат-бройлерів

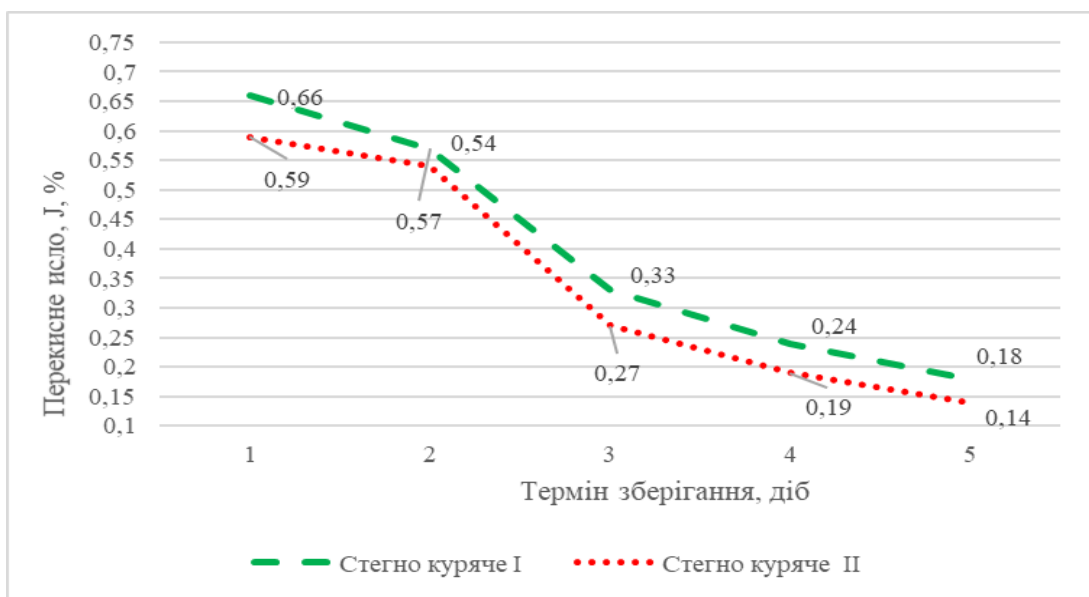


Рисунок 3.6 – Значення перекисного числа зразків стегна курчат-бройлерів

3.2 Розробка рецептур соусів для застосування в технології Sous Vide

Можна виділити декілька позитивних наслідків застосування соусів та маринадів у технології Sous Vide при виробництві м'ясопродуктів:

- високі органолептичні характеристики готових продуктів, що є наслідком меншого гідролізу екстрактивних та смакоароматичних сполук. В процесі теплової обробки великий відсоток смакоароматичних сполук

відділяється в рідину навколо продукту з меншою швидкістю, однією з причин чого є мінімізація відмінностей у концентраціях даних сполук (що є головною рушійною силою процесу масообміну разом із осмотичним тиском у системі). Для більшості рецептур соусів питомих вміст екстрактивних сполук, кухонної солі та в'язкість системи є вищою, ніж аналогічні показники розсолів та бульйону, що утворюється у пакуванні продукту при тепловій обробці⁹⁸.

- велика частка вологи з усіма типами зв'язку в готових виробках, причинами чого є не лише фізичний бар'єр для відділення у вигляді шару пакування, буферна здатність концентрації смако-ароматичних сполук та кухонної солі, але й мінімізація ступені денатурації білків м'ясної сировини, що приводить в свою чергу до зростання рівня утримання вологи⁹⁹.

- більш інтенсивне та рівномірне прогрівання усієї маси напівфабрикату, причиною чого є нижчий рівень втрат тепла у середовище термокамери або іншого апарату. Вплив щільнішої герметизації напівфабрикату в умовах вакууму, що є співставним з ефектом ущільнення при наповненні банки у консервному виробництві.

- запобігання процесам денатурації білків, з високою температурою денатурації, точка денатурації яких є вищою за температуру теплової обробки за технологією "Sous Vide"¹⁰⁰.

- нижчий рівень питомих витрат тепла на виробництво 1 кг продукту, що обумовлено меншим нагрівом продукту в ході процесу теплової обробки та рівномірного прогріву середовища під пакуванням.

- Зважаючи на особливості технології м'ясопродуктів, важливим є вплив термообробки на колаген та збільшення міри його переходу в желатин з одночасним зменшенням інтенсивності денатурацію¹⁰¹.

При детальному вивченні перебігу оброблення напівфабрикату за технологією Sous Vide, серед основних недоліків можливо виділити такі фактори:

- даний метод обробки вимагає більш ретельного контролю за характеристиками інгредієнтів для пакування продукту. Зважаючи на щільний

контакту шару пакування з напівфабрикатом та соусом, значної уваги потребує запобігання трансферу сполук із пакування в продукт.

- потреба у більш детальному підборі вхідної сировини та контроль її підборі мікробіологічних показників. Зважаючи на зниження максимальної температури, до якої продукт прогрівається у процесі теплового оброблення за технологією *Sous Vide* (для даної технології температура прогріву не перевищує 58-67 °C у порівнянні з 70-80 °C для більшості традиційних технологій), існує ризик недостатньої інактивації патогенної та умовно-патогенної мікрофлори. Отже, при температурах, характерних для використання технології “*Sous Vide*”, летальний вплив термообробки може бути занадто малим для забезпечення низького рівня вмісту нормованих мікроорганізмів для деяких видів сировини^{101, 102}.

Застосування такої технології є доцільним прийомом, який дає можливість не лише покращити органолептичні показники готових виробів та мінімізувати витрати на термообробку 1 кг напівфабрикату, але і бути чинником для вирішення певних технологічних завдань. Одним з таких завдань є оброблення сировини із високою часткою сполучної тканини та (як наслідок) колагену. Ще одним завданням та позитивним наслідком застосування технології “*Sous Vide*” є збільшення виходу продукту при термообробці.

Соус Хойсін є традиційним соусом кухні Китаю, який відомий у більшості країн світу, зважаючи на його використання в традиційній кухні народів Азії (наприклад у страві «качка по-пекінськи»). Даний соус має характерні органолептичні показники - солодкий смак з нотками меду, а також виражений аромат прянощів. Соус Хойсін за традиційною рецептурою має високу в'язкість та може володіти желеподібною гелевою консистенцією.

Енергетична цінність соусу Хойсін складає 27-30 ккал /100 г продукту. Серед сполук, що містяться у складі даного соусу, можна виділити: вітаміни С, Е, К, В1, В2, В5, В6, В9, К і РР, бета-каротин, кальцій, магній, калій, цинк, мідь, марганець, селен, незначні кількості феруму та натрію. Характерний темно-червоний колір соусу Хойсін обумовлений присутності в його рецептурі

червоного рису. До основних складових соусу Хойсін також належать часник, ферментовані соєві боби, кунжутна олія, цукор та суміш спецій традиційної кухні Китаю (бодян сушений мелений, фенхель, перець сичуанський, гвоздика, кориця). Серед аналогів соусу Хойсін у кухні народів Європи можна виділити «коричневий» соус в кухні Великої Британії, та соуси для барбекю в кухнях Північної Америки^{103, 104}.

Для встановлення впливу обробки за технологією “Sous Vide” на вироби із використанням різних типів сировини, потрібно розробити також доцільні методи внесення передбачених за рецептурою смакових та функціональних інгредієнтів. Завдяки попередньому розчиненні у об’ємі соусу ферментний препарат може більш інтенсивно розповсюджуватись, а також проявляти максимум активності при підборі рН соусу, значення якого може бути відмінним від рН середовища м’ясного напівфабрикату^{105, 106, 107}.

Таблиця 3.4 – Рецептури дослідних зразків

Назва компоненту	Вміст, %			
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Філе курчат бройлерів	80,0	-	-	-
Філе качки	-	80,0	-	-
Четвертина курчат бройлерів	-	-	80,0	-
Яловичина (вирізка)	-	-	-	80,0
Соус Хойсин, в тому числі -	20,0			
Перець чилі мелений	1,0			
Квасоля червона консервована	6,0			
Часник свіжий	1,0			
Соєвий соус	6,0			
Оцет рисовий	5,0			
кориця	0,2			
Бодян сушений	0,2			
Перець сичуанський	0,2			
фенхель	0,2			
гвоздика	0,2			
Разом	100,0			

Відповідно до плану експерименту було вироблено продукцію за рецептурами, відмінності між якими проявлялись у типі основної м'ясної сировини, а в якості додаткового компоненту передбачали використання соус. Рецептури досліджуваних виробів описано у таблиці 3.4.

Технологічний процес виготовлення дослідних зразків за технологією «Sous Vide» передбачав такі операції:

1. На першому етапі проводили підготовку соусу Хойсін, яка полягала у змішуванні компонентів, приведених у табл.3.4. Після підготовки соусу його перемішували із м'ясною сировиною та проводили обсмажування тривалістю 2 хв з обох боків напівфабрикату при температурі 120°C.

2. Після обсмажування суміш м'ясного напівфабрикату та соусу вміщали у пакет для пакування в умовах розрідження на горизонтальному пакувальному автоматі контейнерного типу. Після видалення повітря та створення розрідження протягом 45-50 с пакет ущільнювали та запаювали.

3. Після пакування напівфабрикат направляли на термічну обробку, яка відбувалась протягом часу та за температури, що варіювались відповідно до плану експерименту. Термічну обробку проводили на водяній бані з електронним контролером температури, передбаченим для обробки продукції за технологією «Sous Vide».

Відповідно до вимог безпечності, даних щодо середнього рівня мікробіологічного обсіменіння сировини, мінімальні розрахункові режими обробки м'яса качки повинно мати складати від 63 хв за температури понад 57,8°C, або 30 хв за температури 60 ° C^{109, 110}. Отже, при проведенні експерименту використовуємо термообробку усіх виробів при 60°C протягом 1 год.

4. Після термічної обробки готовий продукт направляли на «шокове» охолодження в апаратах інтенсивного охолодження. Наведений алгоритм обробки є важливим, зважаючи на такі фактори:

- контроль тривалості теплової обробки;

- мінімізація зниження органолептичних характеристик за умови достатньої інактивації умовно-патогенної мікрофлори.

Рекомендована температура в товщі готового продукту після завершення обробки має становити 0 - 3 °С. Після завершення остигання готовий продукт зберігали протягом 14 діб за температури +4-5 °С.

Таблиця 3.5 – Основні показники дослідних зразків

Показник	Час	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Вміст вологи, %	7 діб	72,4±3,1	64,3±2,2	74,4±2,1	55,3±1,9
	14 діб	71,9±2,8	62,4±2,0	71,6±2,0	53,7±2,0
ВЗЗ, %	7 діб	64,5±2,2	77,1±1,7	77,3±1,7	78,9±1,4
	14 діб	63,4±2,4	76,4±2,2	74,8±1,9	77,2±1,5
ВУЗ, %	7 діб	65,7±2,5	58,9±1,4	76,7±2,1	83,2±2,2
	14 діб	63,3±2,1	56,2±1,6	73,8±2,0	84,6±2,1
рН	7 діб	6,4±0,1	6,2±0,1	6,6±0,1	5,9±0,1
	14 діб	5,8±0,1	6,0±0,1	6,3±0,1	5,8±0,1
Вміст водорозчинних білків, %	7 діб	10,7±0,2	12,1±0,2	10,9±0,2	11,5±0,2
	14 діб	10,2±0,1	11±0,3	11,2±0,1	11,1±0,2
Вміст солерозчинних білків, %	7 діб	9,5±0,2	11,6±0,2	10,9±0,1	9,6±0,2
	14 діб	9,2±0,2	10,8±0,2	10,4±0,2	9,5±0,1

Базуючись на даних, наведених у табл. 3.2, максимальні значення більшості досліджуваних функціонально-технологічних характеристик визначено у зразку 4, що містив у рецептурі яловичину I сорту. Але, потрібно зауважити, що протягом 14 діб зберігання згідно плану експерименту ні один із зразків не продемонстрував вагомого зниження значень досліджуваних показників.

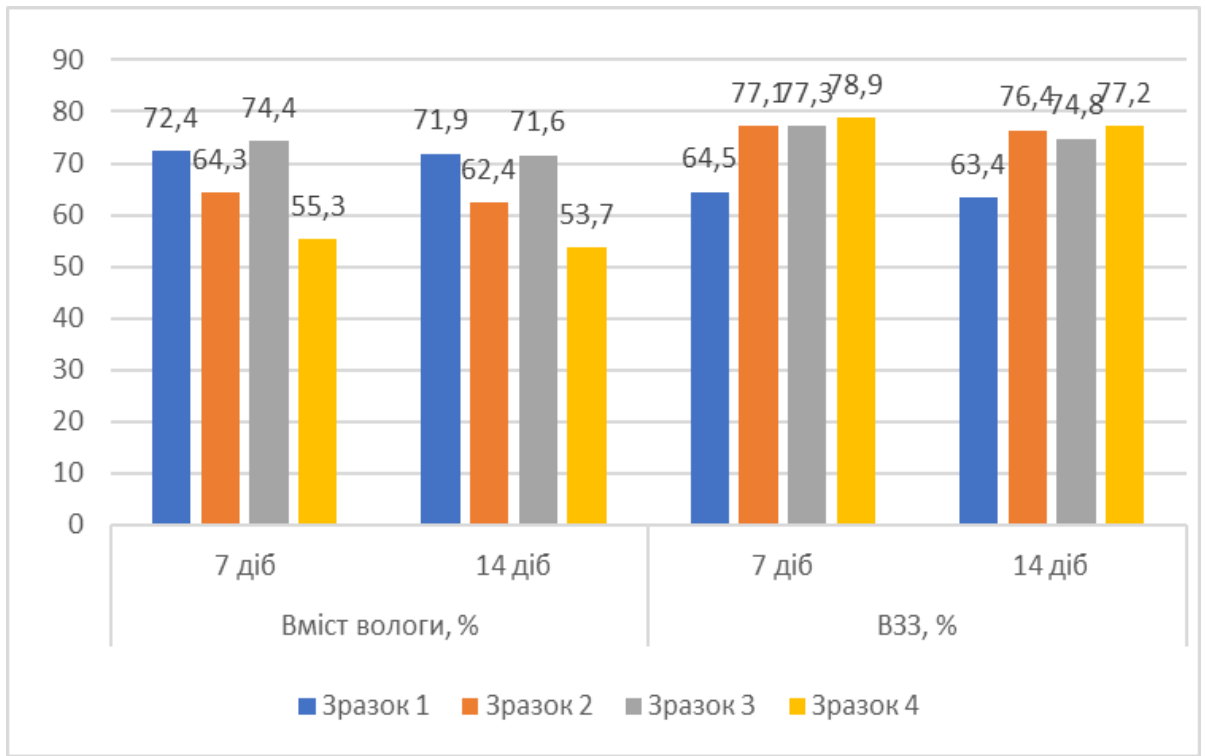


Рисунок 3.3 – Характеристики зразків другого етапу

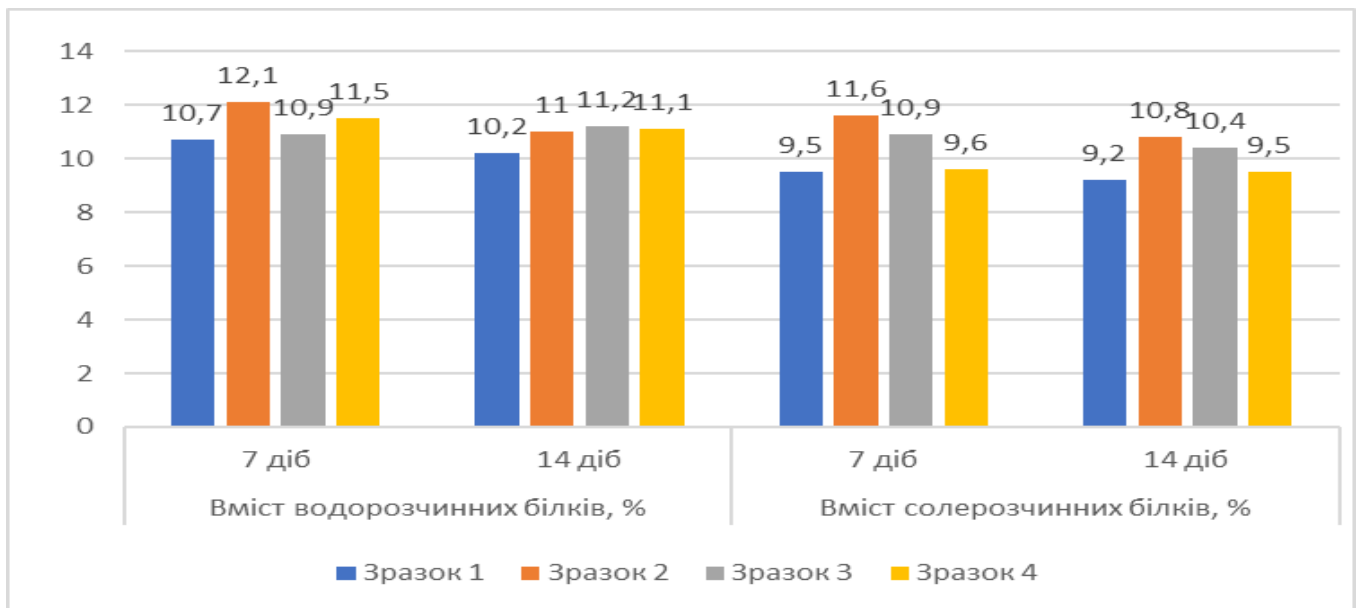


Рисунок 3.4 – Вміст білків у зразках другого етапу

Вміст води у зразках із використанням у рецептурах м'яса птиці мав вищі значення. Максимальний вміст води встановлено у зразку 3 після 7 днів зберігання та становив 74,4 %, а мінімальний у зразку 2 після 14 днів зберігання та становив 62,4%. Поясненням таких результатів можуть бути морфологічні та фізико-хімічні особливості м'яса качки^{111, 112, 119}. Вміст води у зразку 4 із використанням яловичини I сорту, є нижчим за середній вміст води для яловичини I сорту (60-68%)¹¹³. Протягом 14 днів зберігання показник вмісту

вологи для усіх зразків не зазнав значних змін. Таким чином, можна зробити висновок про те, що різниці значень вмісту води залежать в основному походженням основної м'ясної сировини.

Вологозв'язувальна здатність демонструє значну залежність від характеристик консистенції для усіх досліджуваних зразків. Дана характеристика набуває мінімальних серед дослідних зразків значень для зразка 1, в рецептурі якого в використовували філе курчат бройлерів. Даний вид сировини є більш сприйнятливим до впливу тепла та осмотичного тиску, ніж інші досліджувані види сировини за даних умов.

Максимального в досліджуваному діапазоні значення ВЗЗ набуває у зразку 4, складаючи 78,9 після 7 діб зберігання та 77,2 % - після 14 діб. Потрібно зауважити, що рівень значень ВЗЗ та його зміни не продемонстрували помітної залежності від тривалості зберігання - зміна значень ВЗЗ після 7 та 14 діб не перевищувала 3%. Цей факт може бути ознакою слабого перебігу денатурації білків м'ясної сировини. Дане припущення може також пояснити характерні зміни значень ВЗЗ протягом зберігання. Зміна значень ВУЗ протягом 14 діб зберігання проявлялась більш виражено, ніж зниження значень ВЗЗ протягом аналогічного періоду зберігання, що можна пояснити підбором методу вимірювання ВУЗ, що передбачає використання жироміру за умов повторного нагрівання продукту (включаючи жирову фракцію, що є менш стабільною протягом зберігання після первинної термічної обробки)^{114, 120}.

Рівень значень вмісту соле- та водорозчинних білків відрізнявся не суттєво, проте, можна простежити переважання значень вмісту водорозчинних білків для усіх зразків. Також варто зауважити зниження вмісту солерозчинних білків, причиною чого може бути перехід білків у соус та м'ясний сік, виділений в процесі теплової обробки з м'ясної частини продукту. Максимальне значення вмісту водорозчинних білків встановлено після 7 діб зберігання для зразка 2 після – 12,1 %.

Отже, з наведених даних можна сформулювати порівняння характеристик зразків із використанням яловичини та м'яса курчат-бройлерів. Вироби із

використанням яловичини значно менше піддаються впливу варіювання режимів обробки та мають менш виражені зміни значень функціонально-технологічних характеристик. Дані вироби також мають більш жорстку консистенцію, але, в процесі їх виробництва не доцільно вносити барвники або інтенсифікатори кольороутворення, зважаючи на високий вміст у яловичині екстрактивних речовин та природній колір даної сировини¹¹⁵.

М'ясо курчат-бройлерів є більш сприятливим до впливу варіювання режимів обробки за технологією "Sous Vide" за умови внесення соусу. Але, зважаючи на менший вміст як і загального білку, так і солерозчинних білків, оброблення даного виду сировини вимагає підвищення рівня доданих смакових інгредієнтів. В той же час доцільним є введення функціональних сполук для зменшення пластичності та впливу на структуру виробів із м'яса стегна курчат-бройлерів, яке є більш пластичним у порівнянні із філе курчат-бройлерів. Серед інгредієнтів, що можуть слугувати пролонгаторів термінів зберігання та впливати на органолептичні характеристики м'яса курчат-бройлерів, доцільно обрати цитратні або фосфатні суміші. Більш детального дослідження вимагає питання впливу фосфатів та на зміни протікання автолітичних процесів у м'ясі курчат-бройлерів за умови внесення у систему ферментних препаратів. З метою досягнення ефекту «уамі» та покращення органолептичних показників продукції, можна використовувати ферментні препарати бромелаїну, трансглютамінази та папаїну^{116, 117, 118}.

Підсумовуючи дані, отримані в ході досліджень, можна зробити висновок про те, що перерозподіл вологи та зміна вологовмісту протягом 14 діб є слабо вираженими для зразків із використанням усіх видів сировини та активно не проявляються в досліджуваному діапазоні варіювання параметрів експерименту. Встановлено, що зміна вологоутримуючої та вологозв'язуючої здатностей готових виробів протягом 14 діб зберігання знаходиться в залежності від вмісту вологи у вхідній м'ясній сировині. Встановлено значення вмісту соле- та водорозчинних білків у зразках на основі м'яса птиці (включаючи м'ясо курчат-бройлерів та качки) та яловичини. Максимальне

значення вмісту водорозчинних білків відзначено у продукті на із використанням м'яса качки після 7 діб зберігання. Відмічено зниження частки білка в усіх виробках протягом зберігання, однією з причин чого може бути перехід білкових речовин у рідку фазу (соус та бульйон) під пакуванням.

Приведені результати доводять позитивний вплив використання технології «Sous Vide» та внесення соусів на функціонально-технологічні характеристики яловичини, м'яса курчат-бройлерів та качки, що дає можливість рекомендувати дану технологію для виробництва м'ясопродуктів із попередньою кулінарною обробкою. Одним із завдань подальших етапів роботи є оптимізація режимів термічної обробки м'яса птиці (а саме курчат-бройлерів) за технологією Sous Vide та вплив даних режимів обробки на мікробіологічні показники готових виробів із метою встановлення термінів зберігання продукції та досягнення раціонального збільшення функціонально-технологічних та органолептичних характеристик продукції.

3.3 Вплив обробки за технологією Sous Vide на технологічні властивості м'яса птиці

У попередніх розділах було розглянуто процеси впливу теплової обробки за умов низьких температур та розрідження на характеристики (функціональні та фізико-хімічні) яловичини, свинини, качки та м'яса курчат-бройлерів з різних частин тушки. Наведені дані спонукають до пошуку оптимальних режимів теплової обробки сировини, що створювали б умови для гарантувати певні вимоги як з боку сировини, так і з точки зору характеристик готового продукту. Серед даних вимог можна виділити такі фактори:

- достатній летальний вплив тепла, що може забезпечити мінімально-безпечну активність та ступінь інактивації патогенної та умовно-патогенної мікрофлори в ході термічної обробки, а також достатні (прийнятні) органолептичні характеристики (кулінарну готовність).

- можливість включати в рецептури оброблюваних продуктів сировину з порушеннями автолітичних процесів, низькими показниками ВЗЗ та

pH, беручи до уваги на те, що значна частина сировини, представленої на ринку України має порушення автолізу^{112, 121}.

- мінімізацію втрат в процесі термічної обробки, максимальне збереження бульйону, що утворюється під впливом тепла, у товщі продукту після остигання.

- Високі органолептичні характеристики готового продукту та оптимальні витрати тепла та часу роботи термічного обладнання на проведення кожного циклу операцій з виготовлення продукту.

Беручи за основу отримані раніше результати з впливу термічної обробки на м'ясо курчат-бройлерів, в якості діапазону температур та часу термічної обробки для даного типу сировини обираємо 62-68°C та 90-120 хв відповідно. Запропоновані режими дають можливість забезпечити мінімально-достатній рівень інактивації для патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, але для додаткового гарантування безпечності та збільшення термінів зберігання готового продукту до складу розсолу введено антимікробний препарат на основі органічних кислот.

Постановка даного етапу досліджень передбачала виробництво 8 зразків продукції, що включали відповідно 4 зразки філе та 4 зразки стегна курчат-бройлерів, що проходили обробку за чотирма різними режимами роботи термічного обладнання (залежно від часу та температури). Така постановка експерименту у трьохфакторному виді дає можливість чітко асоціювати співзалежності вимірюваних функціонально-технологічних властивостей від зміни кожного з наведених факторів (виду сировини, часу та температури). Також важливим є забезпечення не тільки мікробіологічної безпечності, але і економічно-доцільного виходу готового продукту. Даний параметр важливо враховувати, беручи до уваги великий вміст вологи у вхідній сировині та значний вплив початкового pH і порушень автолітичних процесів у м'язовій тканині курчат-бройлерів.

Але, зважаючи на те, що аналіз повнофакторних експериментів потребує чіткого чисельного вираження досліджуваних факторів та засобів розрахунку

початкового (або середнього) значення, розроблений план експерименту суттєво відрізняється від класичного плану повного трьох факторного експерименту. Тип сировини можливо чисельно передати завдяки введенню значень, що мають критичний вплив на зміни фізико-хімічних властивостей сировини та готових виробів. Для м'яса курчат-бройлерів головна відмінність у частинах туші між м'ясом стегна та філе проявляється у вологовмісті, вмісті амінокислот та значеннях рН^{114, 121}. План експерименту приведено у таблиці 3.4.

Отже, при формуванні плану поточного етапу роботи в наближеному до класичного вигляді, значною мірою спрощується трактування та обрахунок чисельних результатів. Аналіз отриманих значень функціонально-технологічних характеристик здійснювався з метою формування бази для наступних етапів роботи та (в разі необхідності) створення на майбутніх етапах роботи математичних моделей з урахуванням діапазону варіювання режимів теплової обробки та розрахунку коефіцієнтів регресії. При трактуванні розрахованих значень розглядаємо набір даних в якості окремих планів двох факторного експерименту окремо для м'яса стегна та філе курчат-бройлерів. Беручи до уваги те, що метою проведених досліджень було визначення впливу режимів термообробки для обох досліджуваних видів м'ясної сировини сировини, а не вибір доцільного для даної технології виду сировини. Отже, з метою визначення параметру оптимізації, слід в першу чергу встановити максимально варіативну характеристику, зважаючи на процеси теплової обробки. Рецептuru використуваних розсолів для ін'єктування включала в себе суміш триполіфосфатів, цукор, клітковину пшеничну та воду. Внесення фосфатів є одним з базових технологічних прийомів для мінімізації наслідків впливу порушень автолітичних процесів PSE, наслідком якого є пониження рівня рН м'язової тканини, висока вологість та низький рівень ВЗЗ м'ясної сировини. Рецептuru дослідних зразків розсолів приведено у табл.3.5. Важливими характеристиками для розсолів є в'язкість, густина та їх вплив на вихід м'ясопродуктів. За модельні розчини приймають два типи розчинів з комерційно-поширених інгредієнтів.

Таблиця 3.4 – План експерименту із визначення впливу термічної обробки на характеристики різних типів сировини від курчат-бройлерів

Номер зразка	Сировина	Z ₁	Z ₂	Z ₃	pH,	T, °C	t, хв
1	М'ясо з стегна курчат-бройлерів	+	+	+	5,65	68	120
2		+	+	-	5,65	68	100
3		+	-	+	5,65	62	120
4		+	-	-	5,65	62	100
5	Філе курчат-бройлерів	-	+	+	5,8	68	120
6		-	+	-	5,8	68	100
7		-	-	+	5,8	62	120
8		-	-	-	5,8	62	100

Таблиця 3.5 – Рецептури розсолів першої серії

Найменування інгредієнтів	Варіант		
	1	2	3
Суміш триполіфосфатів, %	0,5	0,6	0,5
Ферментний препарат трансглютамінази, %	-	-	0,1
Суміш ксантанової камеді, L-каррагінану та клітковини (20/20/60), %	2,0	1,9	2,0
Білок свинячої шкіри, %	3,0	3,0	3,0
Модифікований кукурудзяний крохмаль, %	3,0	3,0	3,0
Цукор-пісок, %	0,5	0,5	0,5
К-каррагіннан, %	1,0	1,0	1,0
Сіль кухонна, %	8,0	8,0	8,0
Соєвий ізолят (90% білок сої), %	2,0	2,0	2,0
Вода, %	80,0	80,0	80,0
Разом, %	100,0	100,0	100,0

Перша рецептура розсолів (табл.3.5) призначена для ін'єктування продуктів із виходом 130-160 %, друга рецептура – 100-115% (табл.3.6). Для того, щоб визначити в відпрацьованих рецептурах обрані види інгредієнтів використовували, шляхом внесення на стадії змішування компонентів розсолу.

Таблиця 3.6 – Рецептури розсолів другої серії

Найменування інгредієнтів	4	5	6
Суміш триполіфосфатів, %	1,5	1,7	1,5
Препарат трансглютамінази, %	-	-	0,1
Суміш ксантанової камеді, Л-каррагінану та клітковини (20/20/60), %	3,0	2,8	2,9
Білок свинячої шкіри, %	3,0	3,0	3,0
Модифікований кукурудзяний крохмаль,%	10,0	10,0	10,0
Цукор-пісок,%	1,5	1,5	1,5
Сіль кухонна,%	10,0	10,0	10,0
Соєвий ізолят (90% білок сої), %	4,0	4,0	4,0
Вода, %	67,0	67,0	67,0
Разом, %	100,0	100,0	100,0

Дані рецептури відрізнялись концентраціями внесених інгредієнтів. Вибір інгредієнтів обумовлений перш за все традиційним їх використанням у технології м'яса та м'ясопродуктів та має на меті не відпрацювати безпосередньо ефективність одного із конкретних модельних розсолів, а створити середовище для визначення ефективності певного конкретного інгредієнту, який може бути використаний у рецептурі певного розсолу. Безпосередньо використання інгредієнту в подальших дослідженнях може бути допущене лише після перевірки загальної поведінки функціонального інгредієнту в модельних розсолах та (як наслідок) можливість подальшого застосування даного інгредієнту в рецептурах розроблюваного продукту.

Схема проведення технологічного процесу приготування розсолів:

- Розчинення суміші фосфатів у льодяній воді (0-2 °С)
- Додавання функціонального суміші (досліджуваного інгредієнту)

для ін'єктування та перемішування протягом 2 хв.

- Додавання соєвого ізоляту, карагіннану, цукру та крохмалю.

Перемішування протягом 2 хв.

- Додавання солі кухонної та перемішування протягом 1 хв.
- Зберігання розсолу протягом 16 год за температури 4-6 °С
- Вимірювання густини розсолу за допомогою ареометра.

Оптимальною густиною розсолу для ін'єктування є значення 1,010 - 1,080 г/см³, проте допускається значення густини розсолу до 1,150-1,170 г/см³. Для вимірювання густини розсолів використовують набір ареометрів для занурення у рідину та склянки висотою 10-20 см, ємністю від 200 мл та діаметром не більше 10 см. Після занурення ареометра широким кінцем фіксують позначку на шкалі ареометра, до рівня якої він буде занурюватись. В разі, якщо усі позначки знаходять над або під рівнем рідини, підбирають ареометр з іншим набором поділом. Якщо обраний ареометр занурився повністю, то підбирають наступний із меншою величиною позначок, якщо ж поділки обраного ареометру знаходяться над рівнем рідини, то обирають наступний ареометр з більшою величиною позначок. Густину фіксують після закінчення приготування розсолу, а також через 8 та 24 год після його зберігання. Обумовлено це тим, що багато білків, які входять в склад функціональних інгредієнтів різко збільшують свою здатність до набухання та зв'язування вологи під впливом дії фосфатного комплексу. Особливо характерним дане явище є для усіх білків тваринного походження, та білків крові зокрема.

Порядок приготування розсолів обумовлений кінетикою розчинення та зв'язування вологи кожним з окремо застосовуваних інгредієнтів. Фосфати можуть зв'язувати велику кількість вологи, проте їх внесення має відбуватись першочергово не лише з цієї точки зору, але і завдяки їх здатності активувати та сприяти набухання інших (білкових) інгредієнтів розсолу. Внесення солі кухонної має відбуватись в останню чергу через високу силу поглинання

вологи (може виступати реципієнтом вологи з інших інгредієнтів в розсолі) та зміщення рН розчину після перемішування його з сіллю.

Важливим є також передбачити вміст складових інгредієнтів розсолу у готовому продукті. Для цього варто врахувати рівень ін'єктування – 15%, а також знайти близький за характеристиками виріб, для прогнозування виходу готового продукту і перерахунку вмісту інгредієнтів на фактичний рівень їх вмісту у готовому виробі.

Виходячи з отриманих результатів, виміряно стабільність розсолу під дією відцентрової сили за присутності ферментного препарату трансглютамінази у рецептурі. Дані щодо густини, стабільності та часу розшарування розсолів наведено у таблиці 3.7. та на рисунках 3.5-3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристики модельних розсолів першої та другої серій

Номер зразка	Стабільність, %	Густина, г/см ³	Час розшарування, с
1	12,43±0,51	1008,5±2,5	145±3
2	11,96±0,47	1003,2±2,0	151±2
3	16,02±0,58	1010,5±2,7	166±3
4	14,11±0,55	1018,0±3,0	181±2
5	13,89±0,52	1014,5±2,7	177±3
6	18,03±0,61	1021,0±2,9	194±3

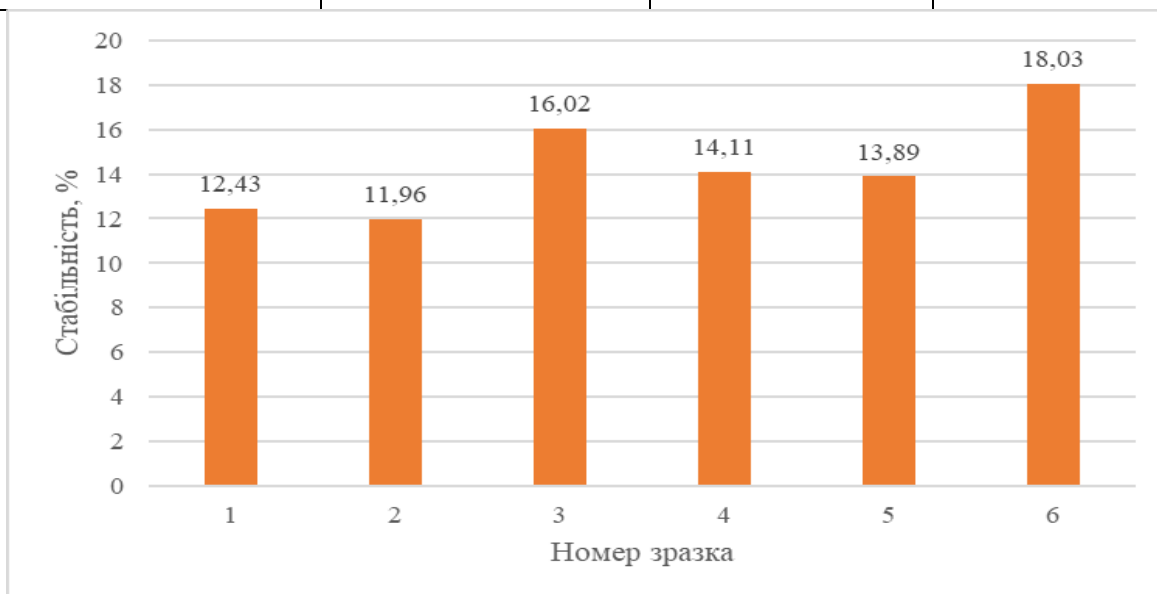


Рисунок 3.5 – Стабільність розсолів під впливом відцентрової сили, %

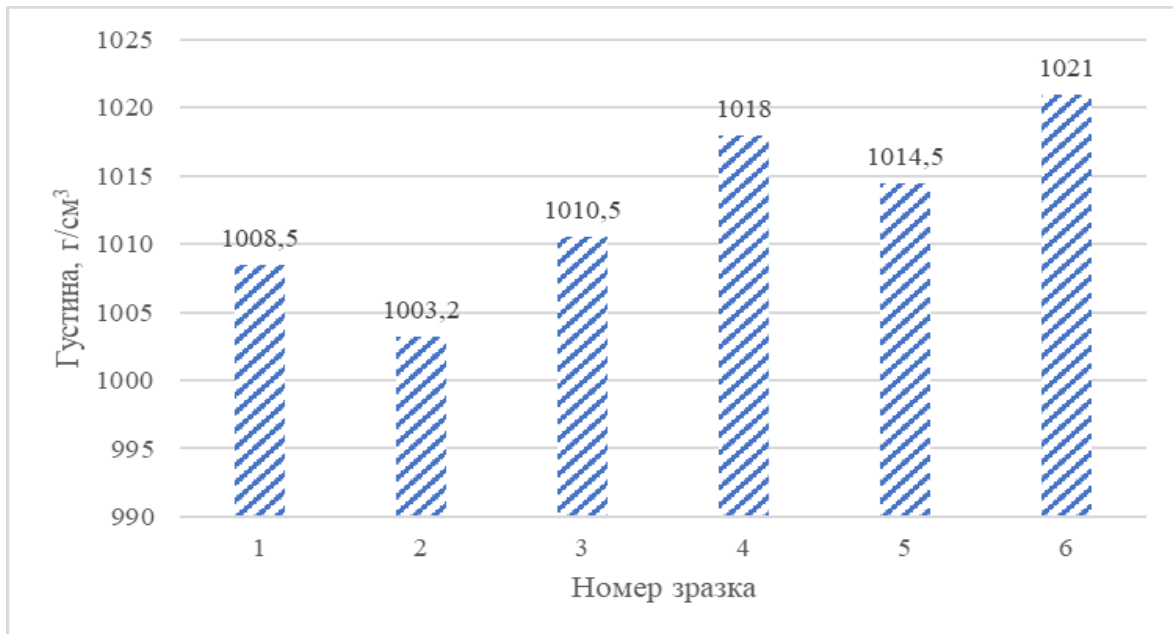


Рисунок 3.6 – Густина досліджуваних розсолів, г/см³

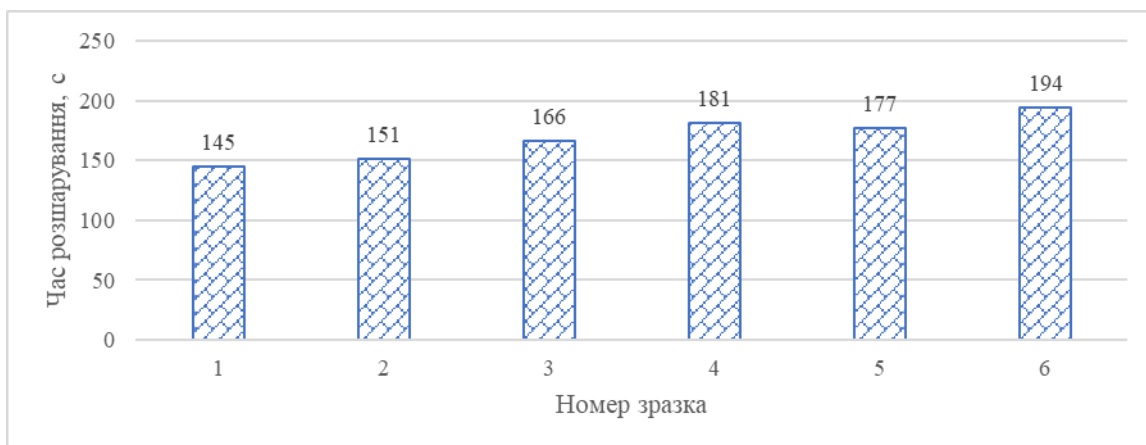


Рисунок 3.7 – Час розшарування досліджуваних розсолів, с

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновки про те, що досліджуваний інгредієнт (препарат трансглютамінази) проявляє позитивний вплив на сенсорні та функціональні характеристики розсолів для м'ясопродуктів. Внесення препарату трансглютамінази дає можливість збільшити час розшарування та стабільність розсолу під дією зовнішніх сил (відцентрової сили). Таким чином, в подальшому є можливим застосування ферментного препарату трансглютамінази на етапах застосування цільової ферментативної обробки.

Для того, щоб дослідити вплив фосфатів на функціонально-технологічні характеристики продуктів із м'яса птиці при обробці за технологією “Sous Vide” було розроблено рецептури розсолів, наведені у табл.3.8.

Таблиця 3.8 – Рецептура базового дослідного розсолу

Назва	Кг/100 кг розсолу	г/100 кг сировини	г/100 кг продукту
Суміш триполіфосфатів	0,22	33,00	38,82
Сіль кухона	8,00	1200,00	1411,80
Клітковина	1,90	285,00	335,30
Цукор	0,28	42,00	49,40
Вода	89,60	13440,00	-

Отже, відповідно до розглянутих джерел про вихід продуктів-аналогів, передбачуваним виходом прийнято вважати 85%¹². Проводимо розрахунок частку складових у напівфабрикатів після внесення розсолу, знаходячи добуток фактичної концентрації даного інгредієнту в розсолі та коефіцієнта 0,15 (передбачувана частка ін'єктяжу сировини на 1 кг напівфабрикату). Фактичний вміст складових у продукті після термічної обробки визначаємо як відношення значення відсотку даного компоненту після внесення розсолу та значення виходу, виражене десятковим дробом (0,85). Наприклад, частку суміші триполіфосфатів визначаємо за такою формулою

$$V_{\text{ф}} = M_{\text{ф}} \cdot A \cdot 1000 / q, \quad (3.1),$$

Де $V_{\text{ф}}$ – вміст інгредієнту (триполіфосфату) в продукті після обробки, г на 100 кг, 1000 – коефіцієнт переводу кілограмів у грами, A – частка триполіфосфатів у розсолі, кг/100 кг, q – вихід готового продукту (0,85).

$$V_{\text{ф}} = 0,22 \cdot 0,15 \cdot 1000 / 0,85 \approx 38,82 \text{ г/100 кг}$$

Після підбору основної сировини проведено вимірювання рівня рН для встановлення впливу оброблення на дану характеристику.

Таблиця 3.9 – Характеристики зразків філе та м'яса стегна курчат-бройлерів після термообробки

Номер зразка	pH, бульйону	pH	Вміст вологи.%
1	6,5±0,12	6,5±0,05	68,95±1,75
2	6,4±0,08	6,6±0,10	70,84±2,06
3	6,2±0,09	6,7±0,05	75,45±1,38
4	6,2±0,10	6,9±0,05	78,28±2,09
5	6,0±0,06	6,25±0,12	64,24±1,57
6	5,9±0,08	6,2±0,05	66,15±1,88
7	5,75±0,05	6,6±0,07	68,85±2,00
8	5,9±0,10	6,45±0,09	65,94±1,92

Таблиця 3.10 – Характеристики зразків філе та м'яса стегна курчат-бройлерів після термообробки (продовження)

Номер	ВЗЗ, %	Пластичність, г/см ²	Вихід, %
1	71,38	435,1	84,4
2	70,59	402,5	90,1
3	79,12	480,2	92,5
4	80,44	462,4	86,9
5	80,32	306,8	93,4
6	82,06	320,4	97,6
7	76,57	355,6	98,9
8	72,65	342,5	91,5

Процес виробництва продукції за модифікованою технологією “Sous Vide” передбачав такі стадії, як підготовка розсолу, внесення розсолу за допомогою ін’єктора, пакування напівфабрикату під вакуумом та посол напівфабрикату, термічна обробка у водяному середовищі при фіксованій температурі та охолодження продукту. Ін’єктування розсолу в напівфабрикат проводили за умов однакового тиску 0,15 Бар. Після ін’єктування

напівфабрикат пакували у пакети та видаляли повітря з пакування, витримували напівфабрикат в посолі протягом 90 хв. Температура розсолів із застосуванням триполіфосфатів перед внесенням становила 4 °С, а температура напівфабрикату у товщі шматка становила 6 °С. Отримані результати приведено у табл.3.6.

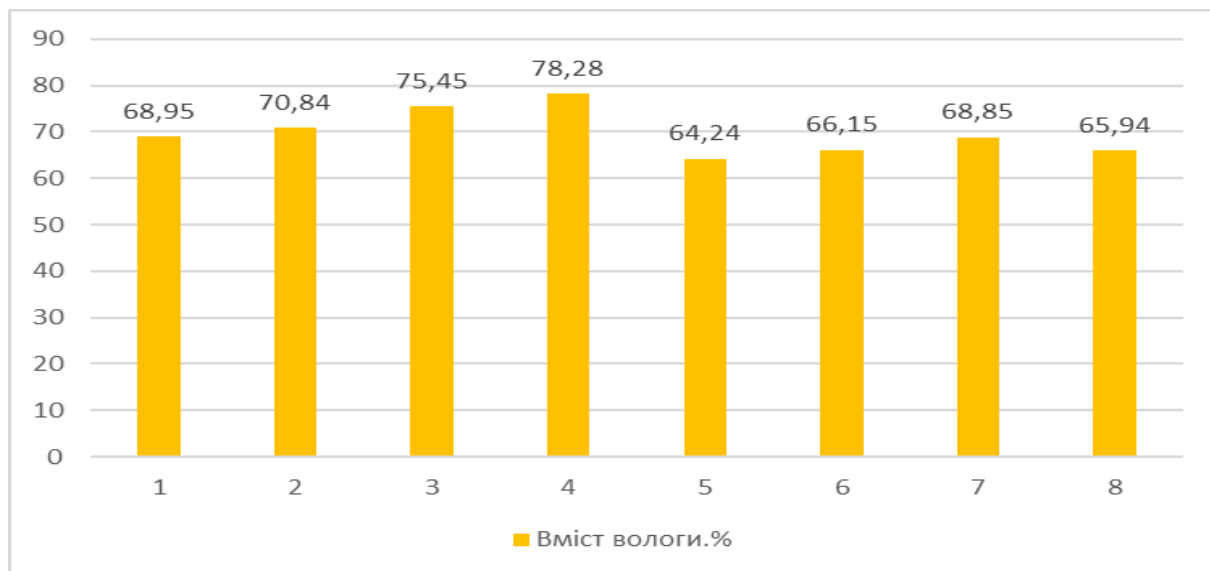
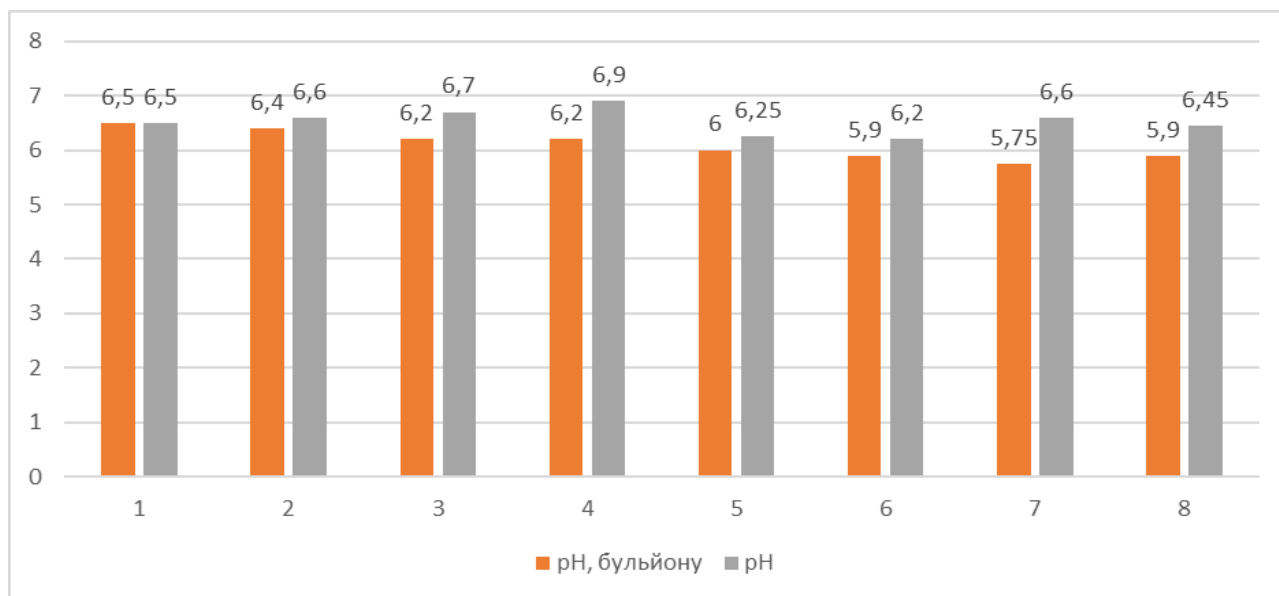


Рисунок 3.8 – Вміст вологи у зразках третього етапу



Риунок 3.9 – Значення рН бульйону та продукту зразків третього етапу

В усіх зразках, що були термічно оброблені протягом 100 хв, зафіксовано вищі показники вмісту вологи, але за іншими показниками не простежується однозначну залежність від тривалості термообробки значень досліджуваних

функціонально-технологічних характеристик – у певних зразках досліджувані показники демонструють як і падіння, так і зростання у порівнянні з показниками зразків-аналогів. Отже, лише варіювання часу обробки не спричиняє вирішального впливу на досліджувані функціонально-технологічні характеристики. Найбільше значення ВЗЗ (80,44 %) встановлено у зразку 4, який термічно обробляли протягом 100 хв за температури 62 °С. Найменше значення ВЗЗ для досліджуваного типу основної встановлено у зразку 2, що термічно оброблювали протягом 100 хв. Приведені дані чітко доводять, що при однаковому часі теплової обробки отримані значення показників, що знаходяться на протилежних краях діапазону значень. Для виробі з філе курчат-бройлерів найбільше значення ВЗЗ встановлено у зразку 6, який оброблювали протягом 100 хв при 68 °С, а найменше значення ВЗЗ зафіксовано у зразку 8 з таким самим часом обробки, що вкотре доводить не чітку залежність значень ВЗЗ готових виробів від тривалості теплової обробки при досліджуваних режимах.

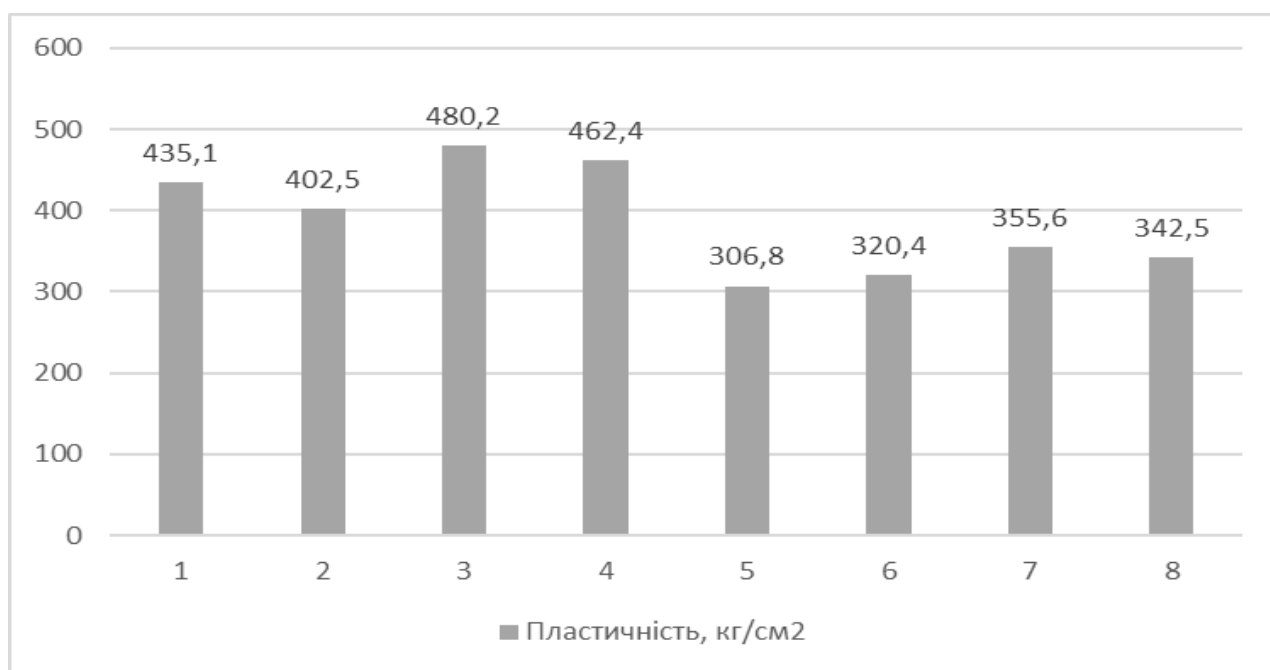


Рисунок 3.10 – Значення пластичності досліджуваних зразків

досліджуваної м'ясної сировини. Значення ВЗЗ для зразків 1-2 (з температурою обробки 68 °С) у порівнянні із ВЗЗ зразків 3-4 було меншим.

Попри те, у групі зразків 5-8 значення ВЗЗ максимальні значення даного показника встановлено для зразків 5-6 (обробка при 62 °С). Але, як для першої, так і для другої груп зразків не простежується аналогічна залежність інших досліджуваних показників від температури обробки напівфабрикату. Базуючись на отриманих даних, можна зробити висновок про те, що попри велику роль температури термообробки у формуванні значень досліджуваних характеристик, порівняно з тривалістю термічної обробки, лише варіювання температури обробки не може бути найбільш вагомим фактором впливу на функціонально-технологічні показники готових продуктів, а також проявляє різний вплив на характеристики продуктів із використанням м'яса курчат-бройлерів.

Проаналізувавши характеристики загальної групи із восьми зразків і обох дослідних груп (з поділом за типом сировини), можна зауважити, що найбільші значення основних функціонально-технологічних показників встановлено у зразках, які мали дві ознаки – менша тривалість обробки при вищій температурі, або більша тривалість обробки при меншій температурі. Дані результати дозволяють відсіяти та визнати не раціональними для таких видів продукції застосування так званих «крайніх» режимів термічної обробки – комбінування як і максимальної тривалості та температури, так і мінімальної тривалості та температури обробки не призводить до досягнення бажаних значень досліджуваних характеристик продукції.

При виробництві за даною технологією продуктів із м'яса філе та стегна курчат-бройлерів у заданих умовах обробки найбільш раціональними можна вважати тривалість термічної обробки 120 хв за температури 62°С. Такі параметри термічної обробки дають можливість забезпечити максимальний в досліджуваному діапазоні вихід продукту при термічній обробці, високого рівня впливу на структуру та рівень ВЗЗ продукції. В той же час високих значень досліджуваних характеристик вдалось досягнути за умов термічної обробки тривалістю 100 хв за температури 68 °С, що є особливо актуальним при обробці філе курчат-бройлерів. Діапазон значень рН продукту та бульйону

зріс після теплової обробки, що зумовлено ефектом від введення триполіфосфатів у систему розсолів. Загальний рівень значень досліджуваних показників залежав від типу застосовуваної сировини, що в свою чергу спричиняє відмінності у значеннях пластичності у залежності від виду основної сировини для виробництва м'ясопродуктів.

3.4 Вплив ферментації на характеристики м'яса птиці при низькотемпературній термообробці

Беручи за основу результати третього етапу проведеної роботи, визначено позитивний вплив внесення триполіфосфатів на органолептичні та функціонально-технологічні характеристики виробів із м'яса курчат-бройлерів, виготовлених за модифікованою технологією "Sous Vide". Відповідно до плану роботи, наступна стадія передбачав використання цільової ферментативної обробки з метою підвищення рівня значень функціонально-технологічних характеристик, а також дослідження ступеня впливу специфічних реакцій ферментативної взаємодії в ході обробки м'яса курчат-бройлерів в інтервалі температур 63-68 °С.

Трансглютаміназа являє собою фермент, що належить до класу трансфераз. В свою чергу трансферази є класом ферментів, роль яких полягає у інтенсифікації перенесення функціональних груп від одного субстрату (донор групи) до сусіднього субстрату (акцептор групи). Отже, в ході огляду літературних джерел встановлено такі переваги мікробіологічних протеаз – низька собівартість одиниці ферментної сировини (велика кількість культур та родів мікрофлори, більшість з яких є стійкими до впливу екстремальних параметрів середовища та мають велику швидкість розмноження), широкий діапазон та можливість підбору діапазону найвищої активності ензимів, можливість комбінування широкого переліку мікроорганізмів для створення потрібного підтипу ензимів та перспектива розробки нових модифікацій ензимів завдяки селекції нових штамів мікроорганізмів^{111, 113}. Базуючись на властивостях обраного ензиму (трансглютамінази), обмеження відносно його

застосування в ході виробництва м'ясопродуктів зумовлені в основному економічними факторами та доцільністю відносно формування органолептичних характеристик готового продукту. Беручи до уваги режими термообробки, для внесення функціональних інгредієнтів раціональним є застосуванням розсолів для ін'єктування. Такий технологічний прийом дає можливість розробки цільном'язових виробів, але потребує додаткової операції в ході виробництва для рівномірного розподілу інгредієнтів у розсолі по усій масі напівфабрикату (філе курчат-бройлерів). З огляду на відносно високі значення вмісту вологи у вхідних напівфабрикатах, прийнято рішення вважати раціональним частку внесення розсолу 15%^{122, 123}. При обробленні м'яса курчат-бройлерів раціональним є застосування заданої частоти обертів барабану масажера, що дасть змогу зменшити пошкодження структури філе курчат-бройлерів. Беручи дану інформацію до уваги, для масування використовували масажер з барабаном діаметром 0,35 м, а тривалість масування складала 30 хв з частоті 5 с⁻¹. Перед направленням на пакування усі напівфабрикати витримували у розсолі протягом 2 год. Після витримування у посолі напівфабрикати пакували у полімерну плівку, видаляли повітря з пакування та запаювали плівку. Після пакування напівфабрикати ставили у термошафу, попередньо нагріту до робочої температури (62 °). Термічне оброблення напівфабрикатів проводили за умов відносної вологості 90-95 % за тривалості 120 для зразків 1-3 та 140 хв для зразків 2-4. По закінченню термічного оброблення готові продукти направляли на охолодження за температурі 3-4 °. Кінець остигання визначали за досягненням температури поверхні виробу 5-6°. Визначення температури в середині продукту є ускладненим через пакування із вакуумним середовищем. Проте, зважаючи на малу масу виробів (450-500 г), завершення формування структури продукту відбувається уже за досягнення температури в середині виробів 60-62°. У рецептурах розсолів застосовували триполіфосфати та харчові суміші цитратів.

До переліку досліджуваних характеристик окрім основних включали не лише вихід продукту при термообробці, але і відсоток відділеної вологи в ході

теплової обробки. Отже, при використанні у рецептурах продуктів ферментного препарату транsgлютамінази прогнозований вплив проявляється в тому, що одночасно з збільшенням виходу готових виробів, вироблених із застосуванням цього ензиму прогнозується ущільнення структури досліджуваних виробів, а також збільшення рівня значень ВЗЗ.

Таблиця 3.11 – Матриця плану експерименту з визначення впливу цитратів на характеристики продукту

Фактор 1	Фактор 2	t, хв	Інгредієнт
+	-	120	Триполіфосфат
+	+	140	Триполіфосфат
-	-	120	Цитрат натрію
-	+	140	Цитрат натрію

Таблиця 3.12 – План експерименту четвертого етапу

Кількість, г/ 100 г	1	2	3	4
Філе курчат-бройлерів	85,0	85,0	85,0	85,0
Розсіл, в т.ч.	15,0	15,0	15,0	15,0
Цитрат натрію	-	-	0,4	0,4
Суміш триполіфосфатів	0,4	0,4	-	-
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3	1,3
Транsgлютаміназа	0,01	0,01	0,01	0,01
Вода питна	13,29	13,29	13,29	13,29
Тривалість обробки, хв	120	140	120	140

Таблиця 3.13 – Вплив цитратів на характеристики продукту

Зразок	1	2	3	4
Вихід, %	92,20±3,06	88,14±2,12	82,75±1,76	80,24±1,83
Кількість відділеної вологи, %	7,36±0,41	10,78±0,75	16,32±0,52	19,20±0,80
Вміст вологи, %	72,22±2,16	70,84±1,11	66,49±1,48	64,85±1,59
ВЗЗ, %	82,56±2,05	77,98±2,00	74,05±2,15	73,66±1,98
ВУЗ, %	74,34±1,55	76,36±1,70	80,32±1,72	83,14±1,20
pH	5,70±0,08	5,70±0,11	5,25±0,06	5,20±0,05

Як можна бачити з наведених даних, відстежується чітка тенденція залежності факторів та параметрів експерименту. Фактором з максимальною вагомістю можна назвати вид функціонального інгредієнту. Проте, рівень впливу тривалості теплової обробки не призводить до вагомих відмінностей між значеннями характеристик зразків із використанням одного функціонального компоненту^{123, 124}.

За рівнем значень рН готового продукту відмічається велике зміщення у сторону кислотного середовища для виробів із застосуванням цитратів (зразки 3-4). В цілому значенням рН усіх зразків лежать у діапазоні, притаманному для більшості м'ясопродуктів. Але, рівень значень рН $5,2 \pm 0,5$ може призводити до зниження функціонально-технологічних характеристик готових виробів, включаючи ВЗЗ та ВУЗ. Такий рівень значень рН містить в своєму діапазоні ізоелектричну точку великої частини білків м'ясної сировини, а це в свою чергу може спричиняти денатурацію та відділення жиру та вологи, зв'язаних із білками сировини.

Зважаючи на особливостей виробництва продуктів із застосуванням технології *Sous Vide*, рівень значень виходу виробів при термічній обробці та частки відділеного бульйону під пакуванням, можна назвати взаємо оберненими. Варто враховувати також не велику частину вологи, що може випаровуватись через проникність деяких частин плівки (через що сума кількісних значень виходу та частки відділеного бульйону може не дорівнювати 100%). Максимальне значення виходу (92, 20%) і найменшу частку відділеної вологи (7,36 %) встановлено у зразку 1, тривалість обробки якого складала 120 х, а рецептура передбачала застосування триполіфосфатів. Усі вироби, рецептури яких включали в себе цитрат натрію, проявляли зниження виходу при термічній обробці, порівняно із зразками з використанням триполіфосфатів. Також значення виходу зразків із цитратом натрію були нижчими ніж відповідні значення для зразків 1-2, тобто використання цитрату натрію мало більший вплив, ніж регулювання режимів термічної обробки для зразків 1-2. Враховуючи значення тривалості теплового оброблення, можна

заклучити, що такі значення для заданих умов є обернено-пропорційними до рівня виходу виробів при обробці, що проявляється у зниженні значень виходу у групі зразків із більшою тривалістю термічної обробки^{10, 124}.

Значення ВЗЗ також проявляли зниження для групи виробів із індексами 3-4, що доводить встановлену на прикладі відділення вологи та виходу продукту залежність. У зразку 4 встановлено мінімальні значення виходу при термічній обробці (80, 24 %) та ВЗЗ (73, 66%).

Значення ВУЗ були єдиною категорією показників, що проявляла ріст значень у виробках з індексами 3-4 (порівнюючи зі зразками 1-2). Максимальне даного показника (83,14 %) встановлено у зразку 4, час обробки якого становив 140 хв, а рецептура включала цитрат натрію. Базуючись на оберненій залежності впливу досліджуваних факторів на рівень ВУЗ, та проводячи порівняння із впливом досліджуваних факторів на вихід та втрати в процесі обробки напівфабрикату, можна зробити припущення, що головною передумовою зменшення рівня втрат в процесі повторної термообробки є велика втрата вологи серед зразків із низьким рівнем ВЗЗ¹¹⁵. Ефект варіювання тривалості термообробки не справляв такого великого впливу відносно зміни значень ВУЗ, порівнюючи із аналогічним впливом на значення ВЗЗ та виходу при термічній обробці. Дану залежність частково можна обґрунтувати безпосередньо процесом визначення даного показника, що є меншою за тривалість прогріву продукту в ході термообробки.

В усіх досліджуваних зразках вміст вологи знаходився у межах 64-73 %, що в цілому є характерним для великої частини м'ясопродуктів. Проте значення вмісту вологи сильно залежало від виду використовуваного функціонального компоненту і слабо піддавалось впливу варіювання тривалості термообробки. Максимальний вміст вологи у продукті зафіксовано у зразку 1 – 72,22 %, а мінімальний – 64,85 % - у зразку 4.

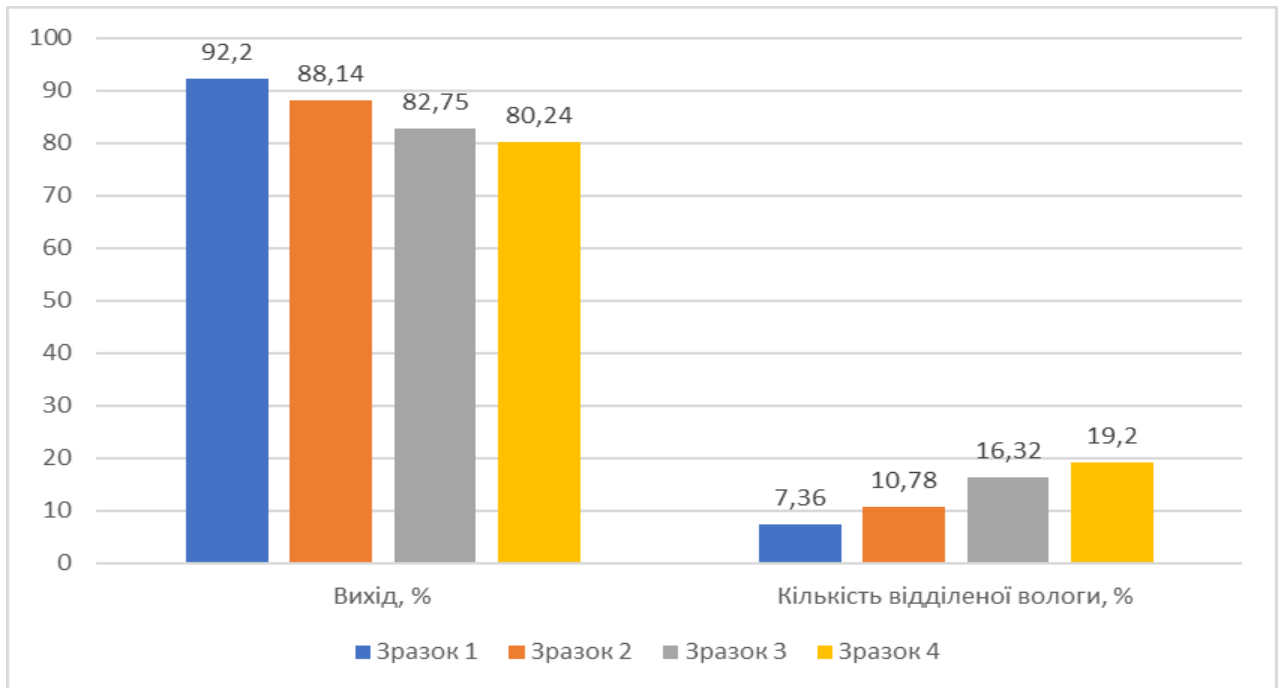


Рисунок 3.11 – Вихід та кількість відділеної вологи зразків четвертого етапу

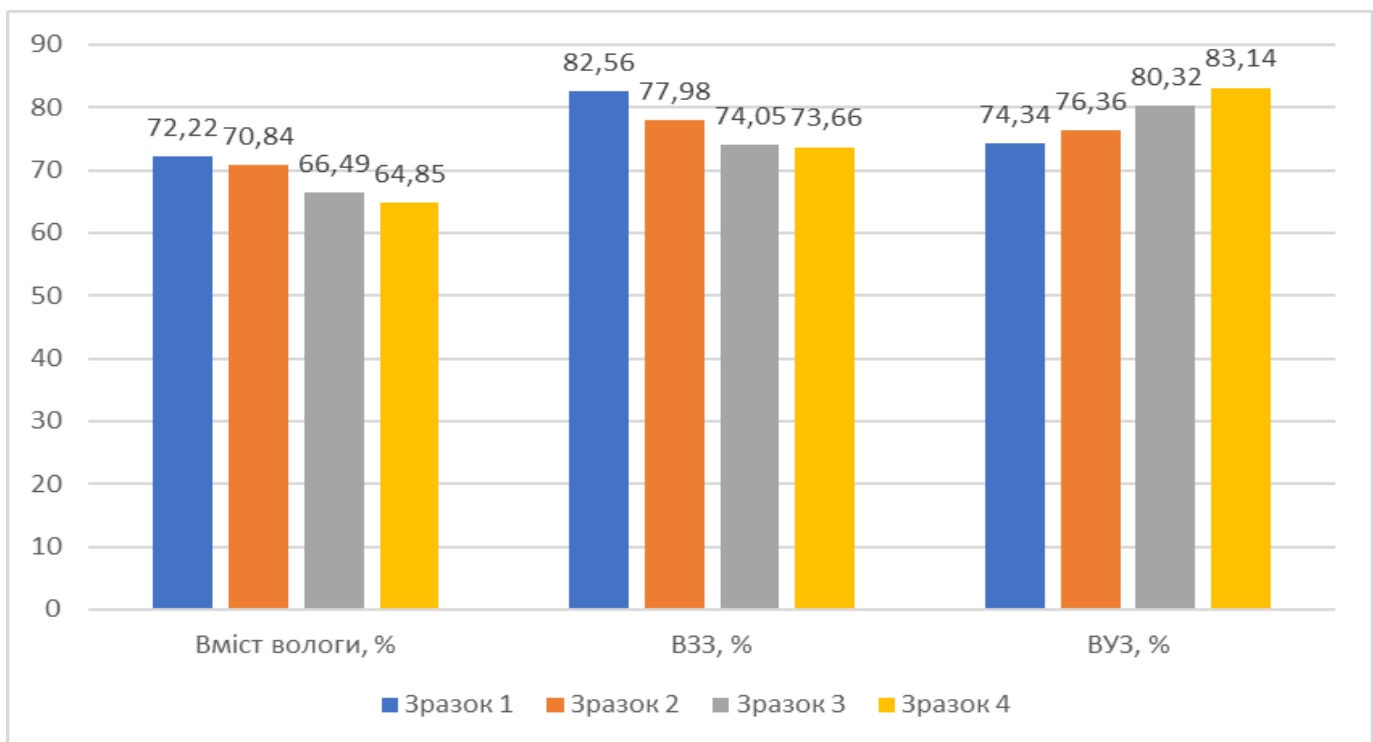


Рисунок 3.12 – Вміст вологи, V33 та VУ3 зразків четвертого етапу

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Оптимальною сировиною з точки зору доступності для використання у технології *Sous Vide* є м'ясо птиці, а саме м'ясо курчат-бройлерів та качки.

2. Застосування соусів при виробництві м'ясопродуктів за низьких температурних умов термічної обробки дає можливість зменшити втрати та підвищити органолептичні показники готового виробу, а також спростити внесення та рівномірний розподіл ферментних препаратів у товщі м'ясної сировини.

3. Вищих функціонально-технологічних показників при обробці сировини за даною технологією вдається досягнути при збільшенні тривалості та зменшенні температури термічної обробки, що збігається із загальноприйнятою теорією та даними попередніх досліджень.

4. Для покращення функціонально-технологічних характеристик та подовження термінів зберігання доцільно застосовувати суміші триполіфосфатів у рецептурах розсолів для ін'єктування м'яса курчат бройлерів, що має значні переваги перед використанням цитрату натрію за більшістю досліджуваних показників. Максимальний вихід 92,20 % та мінімальну кількість відділеної вологи 7,36 % зафіксовано за умов термічної обробки протягом 120 хв із використанням у рецептурі розсолів для обробки основної м'ясної сировини суміші триполіфосфатів. Внаслідок визначення оптимального інгредієнта для використання у рецептурах розсолів для продуктів на основі філе курчат-бройлерів, оброблених за технологією «*Sous vide*», суміш триполіфосфатів при внесенні продукт із розсолом та за умов термічної обробки протягом 120 хв призводить до покращення пластичності, рівня ВЗЗ та зменшення втрат вологи продуктом у ході термічної обробки.

5. Використання препарату трансглютамінази в кількості 0,01% від маси основної сировини при обробці продуктів на основі філе курчат-бройлерів у даній технології виробництва дає можливість збільшити вихід та зменшити пластичність готового продукту, не призводячи до сторонніх негативних наслідків.

Результати, описані у розділі, опубліковано в працях:

1. Д. В. Гармаш, В. М. Пасічний. Вплив застосування технології sous vide на функціонально-технологічні характеристики продуктів на основі різних видів м'ясної сировини. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – № 1. – С. 67-74.

2. Пасічний, В. М., Гармаш, Д. В., Рамік, О. С., Кохан, Б. А. Вплив застосування технології Sous Vide на різні види м'яса птиці. Харчова промисловість, 2018. - (24), - с. 70-76.

3. Рамік, О. С. Використання ферментних препаратів в технології «Sous-vide» для м'яса птиці / О. С. Рамік, Д. В. Гармаш, Б. А. Кохан // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 84-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня, 2018 р. – Київ : НУХТ, 2018. – Ч. 1. – С. 330.

4. Garmash Dmytro; Pasichnyi Vasyl. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019 - p.437

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ФЕРМЕНТАЦІЇ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ПРОДУКТІВ З М'ЯСА ПТИЦІ В ТЕРМІНАХ ЗБЕРІГАННЯ

4.1. Вплив внесення трансглютамінази на характеристики продуктів Sous Vide протягом зберігання

Відповідно до плану роботи було розроблено повний двох факторний експеримент. В якості факторів обрано рівень внесення трансглютамінази, що проявив позитивний вплив на значення досліджуваних функціонально-технологічних показників готових виробів, оброблених за технологією Sous Vide. За рівнем внесення ензиму (препарату трансглютамінази) зразки розподілено на дві групи. Перша група (зразки 1, 2) виробів була вироблена із застосуванням 0,01% препарату ензиму, інші вироби - тільки із використанням функціональної композиції на основі триполіфосфатів. Рівень введення препарату трансглютамінази та триполіфосфатів підібрано, виходячи із результатів, одержаних на перших етапах роботи¹¹⁹⁻¹²³

Таблиця 4.1 – Рецептури дослідних зразків 4 етапу

Кількість, г/ 100 г	Варіант			
	1	2	3	4
Філе курчат-бройлерів	85,00	85,00	85,00	85,00
Розсіл, в т.ч.	15,00	15,00	15,00	15,00
Стартові культури <i>Lactobacillus curvatus</i>	0,05	0,00	0,05	0,00
Суміш триполіфосфатів	0,40	0,40	0,40	0,40
Сіль кухонна	1,30	1,30	1,30	1,30
Трансглютаміназа	0,01	0,01	0,00	0,00
Вода питна	13,29	13,29	13,29	13,29

В другій групі зразків окрім ферменту трансглютамінази проводили обробку за допомогою стартових культур так званої "захисної" дії. Дана група культур являє собою підібрану з урахуванням специфіки автолітичних процесів суміш штамів мікроорганізмів, які проявляють високу активність в діапазоні рН, характерному для м'ясної сировини. Внаслідок даного впливу інгібується розвиток мікроорганізмів умовно-патогенної та патогенної груп, продовжуючи

таким чином терміни зберігання готового продукту, що є особливо актуальним як для продукції Sous Vide в цілому, так і для продукції, виготовленої з м'яса курчат-бройлерів зокрема.

Технологія виробництва дослідних зразків для усіх груп продукції включала в себе додатковий етап термічної обробки - прогрів зразків до температури в товщі 35 °С при температурі в камері термічної обробки 55°С. Зразки ін'єктували розсолом із вмістом функціональних інгредієнтів згідно спільної рецептури - сіль кухонна та суміш триполіфосфатів. Додатково у розсіл вносили трансглютаміназу для зразків 1 та 2, а також культури *Lactobacillus curvatus* для зразків 1 та 3. Усі зразки витримували у посолі протягом 16 годин, після чого упаковували в пакети із середовищем розрідження, та проводили термічну обробку ¹²⁴.

Термічна обробка включала в себе такі етапи виробництва - прогрів при 55 °С протягом 20 хв, підтримання температури протягом 30 хв за умов 35 °С в камері, а також варіння при 63°С протягом 120 хв. Режими роботи камери термічної обробки та температури в товщі продукту на кожному етапі наведено у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Режими термічної обробки зразків

Назва етапу	Температура, °С		τ, хв
	Камери T _к	В товщі продукту T _п	
Активація культур	40,0±1	32±1,5	20
Прогрів	55,0±1	32±1,5	30
Варіння	63,0±0,2	61,8±0,5	120
Остигання	5,0±1	7,0 ± 1	180 хв

Таким чином, було виготовлено 4 зразки згідно плану повного двох факторного експерименту, в якому фактори представлені рівнем внесення трансглютамінази та стартових культур. Варіювання обох факторів прийнято від нуля, тобто від'ємне значення (або нижній поріг) варіювання обох факторів

являє собою відсутність внесення даного інгредієнту в рецептуру продукції, оброблюваної за технологією Sous Vide. План експерименту наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – План експерименту з встановлення впливу внесення культур на характеристики продукту

Зразок	Значення факторів		Фактори	
	C ₁	C ₂	Вміст трансглютамінази, %	Вміст суміші культур, %
1	+	+	0,01	0,05
2	+	-	0,01	0,00
3	-	+	0,00	0,05
4	-	-	0,00	0,00

Приготування розсолу проводилося в порядку зростання вологозв'язувальної здатності інгредієнтів, які вносяться згідно рецептури. Для перерахунку затребуваної кількості інгредієнтів, які потрібно внести на одиницю маси готової продукції користуємось формулою, яку отримуємо з алгоритму розрахунку фактичної концентрації інгредієнтів у готовому продукті

$$C_{\phi} = C_p * M / B, \frac{C_p \times M}{B} \quad (4.1)$$

Де C_p – розрахункова концентрація інгредієнтів у розсолі, %; M - кількість ін'єктованого розсолу, % до маси основної сировини до ін'єктування; B - вихід готового продукту, %.

Враховуючи дані, отримані на попередніх етапах досліджень, приймаємо до розрахунку середній вихід 90%, кількість ін'єктованого розсолу - 20%. Таким чином, потрібну кількість інгредієнтів у рецептурі розсолу можна розрахувати за формулою

$$C_p = \frac{C_{\phi} \times B}{M} \quad (4.2)$$

Наприклад, необхідна кількості солі

$$C_{p(c)} = \frac{1,3 \times 90}{15} = 7,8 \%$$

Отримані дані зводимо у таблицю 4.4, в якій представлені рецептури розсолів для усіх 4 зразків.

Таблиця 4.4 – Рецептури розсолів

Назва інгредієнту	Зразок			
	1	2	3	4
Стартові культури <i>Lactobacillus curvatus</i>	0,30	0,00	0,30	0,00
Суміш триполіфосфатів	2,40	2,40	2,40	2,40
Сіль кухонна	7,80	7,80	7,80	7,80
Трансглютаміназа	0,06	0,06	0,00	0,00
Вода питна	89,44	89,74	89,50	89,80
Разом	100,00	100,00	100,00	100,00

Серед досліджуваних характеристик продукції обрано ВЗЗ, ВУЗ, рН водної витяжки продукту, пластичність, вміст вологи та вихід продукту при термічній обробці. Вимірювання усіх показників проводилося на трьох етапах зберігання готових продуктів - одразу після повного завершення виробництва продукції, що збігається з досягненням 8 °С в товщі продукту при остиганні після термічної обробки; після 7 та 14 діб зберігання готової продукції. Отримані результати приведено у табл. 4.7-4.9 та на рисунках 4.1-4.7.

Математичну обробку отриманих результатів проводили шляхом розрахунку коефіцієнтів рівнянь регресії для кожного з досліджуваних параметрів (показників). Розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії має на меті встановлення міри впливу кожного з досліджуваних факторів як окремо, так і разом, демонструючи таким чином їхню вагомість. При розкодуванні отриманих рівнянь регресії встановлюємо числову залежність характеристик (параметрів) від значень представлених факторів в досліджуваному діапазоні значень усіх наведених величин.

Алгоритм побудови та розкодування рівнянь регресії включає в себе такі етапи

- 1) Перевірка відтворюваності значень експерименту.

Оскільки отримані дані є середніми значеннями в п'яти вимірюваннях, то випадючі точки було відмінено на етапі обрахунку дослідних даних

2) Розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії як середнього значення параметрів з урахуванням знаків перед доданками, прийнятими згідно з розширеною матрицею експерименту (табл. 4.5). Розрахунок проводимо за формулою

$$A_i = \frac{\sum_n^i Y}{N}, \text{ де} \quad (4.3)$$

$\sum_n^i Y$ – сума значень параметрів; N – кількість зразків; A – коефіцієнт регресії.

3) перевірка отриманих коефіцієнтів згідно критерію Стьюдента

4) розкодування рівнянь відбувається шляхом підстановки замість значень факторів X виразу, яка будується за формулою

$$X = \frac{C - C_0}{\Delta C} \quad (4.4)$$

, де C , C_0 та ΔC відповідно задане значення параметра, нульовий рівень значення фактору (середнє значення в досліджуваному діапазоні) та крок зміни фактору. Нульові рівні та крок зміни фактору приводимо у табл.4.6.

Таблиця 4.5 – Розширена матриця експериментів

Зразок	Кодовані значення факторів			
	I ₀	I ₁	I ₂	I _{1,2}
1	+	+	+	+
2	+	+	-	-
3	+	-	+	-
4	+	-	-	+

Таблиця 4.6 – Рівні та крок факторів експерименту четвертого етапу

Зразок	Вміст ферменту, %	Вміст культур, %
Нижній рівень значень фактору, C_{-1}	0,000	0,000
Верхній рівень значень фактору, C_{+1}	0,010	0,050
Нульовий рівень фактору, C_0	0,005	0,025
Величина зміни фактору, ΔC	0,005	0,025

Таблиця 4.7 – Показники зразків після остигання

Зразок	Вологість	ВЗЗ, %	ВУЗ, %	Пластичність, г/см ²	pH	Вихід, %
1	74,22±1,65	85,12±2,19	72,80±2,11	348±6	5,40±0,05	91,16±3,11
2	73,95±1,85	83,46±2,05	75,04±3,03	356±8	5,65±0,10	90,92±2,85
3	68,54±2,11	77,35±2,65	65,15±2,45	416±8	5,50±0,09	86,55±2,34
4	68,71±1,55	76,24±1,86	63,42±1,74	409±12	5,55±0,04	86,21±1,82

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновки про те, що максимальний вплив на вихід продукту при термічній обробці проявляє внесення трансглютамінази. Максимальний вихід – 91,16 % зафіксовано у зразку 1, рецептура якого містила обидва інгредієнти. Отже, зразок, який піддавався впливу обох факторів, продемонстрував максимальне значення даного параметру, що підтверджує позитивний вплив обох застосовуваних факторів. Друге за величиною значення виходу продукту після термічної обробки зафіксовано у зразку 2, який оброблювався виключно трансглютаміназою, - 90,92 %. Виходи інших зразків (3 та 4) є співставними, різниця між ними є не набагато більшою за похибку між вимірюваннями одного зразка.

Пластичність досліджуваних зразків демонструє аналогічні тенденції. Варто підкреслити, що мінімальне значення пластичності свідчить про більш пружну консистенцію продукту, а також про більший тиск, необхідний для деформації питомої маси продукту (при дослідженні однотипних продуктів з однакової сторони припустимо вести мову не тільки про співставну масу, а також про співставний об'єм готового продукту). Найменше значення пластичності зафіксовано у зразку 1 – 348 г/см², а максимальне (416 г/см²) у зразку 3.

Значення pH водної витяжки продукту демонструє зниження разом із внесенням суміші стартових культур. Зразки 1 та 3, рецептури яких включали згаданий інгредієнт, демонструють на 0,05-0,10 одиниць менше значення pH, ніж аналогічні їм зразки без внесення суміші культур (2 та 4).

Значення ВЗЗ усіх зразків знаходиться в діапазоні 76-86%. Стосовно даного значення проявляється тенденція зміни значень параметру, аналогічна відповідній тенденції для виходу продукту та пластичності. Максимальне значення зафіксовано у зразку 1 та 2, а мінімальне – 4. Варто також зазначити, що різниця значень ВЗЗ зразків 3 та 4 є значно меншою за відповідну різницю між значеннями даного параметру для зразків 1 та 2. З цього можна зробити висновок про більш виражений вплив ферментативної обробки на функціональні характеристики основної сировини у порівнянні з внесенням суміші культур^{125, 126}.

Таблиця 4.8 – Показники зразків після 7 діб зберігання

Зразок	Вологість, %	ВЗЗ, %	ВУЗ, %	Пластичність, г/см ²	pH	Відділена волога, %
1	71,50±1,80	80,02±1,40	66,15±2,10	360±5	5,55±0,10	6,51±0,35
2	70,87±1,46	75,24±1,60	63,25±2,00	377±8	5,75±0,08	7,37±0,19
3	65,64±1,15	73,41±1,55	56,43±1,68	425±5	5,7±0,05	11,28±0,18
4	65,08±1,22	69,55±1,75	54,76±1,95	417±10	5,8±0,10	12,85±0,22

Після 7 діб зберігання найбільш виражено проявляється різниця у значеннях кількості відділеної води. Рівень відділення води у зразків, оброблених ферментом, є значно меншим, ніж у зразків 3-4, які не містили у рецептурах розсолу трансглютамінази. Мінімальне значення кількості відділеної води 6,51 % зафіксовано у зразку 1. Дане значення є майже вдвічі меншим за відповідне значення для зразка 4. Значення pH продемонструвало загальний ріст у порівнянні з першим етапом вимірювань (одразу після остигання виробів), проте зберігає тенденції, які були присутні на першому етапі – значення pH зразків із внесенням суміші культур є меншим, ніж відповідні значення парних зразків.

Максимальні значення обох показників, що виражають здатність зберігати вологу в товщі продукту – ВУЗ та ВЗЗ, зафіксовано у зразках 1 та 2, що збігається з даними щодо кількості відділеної води. Максимальні

значення ВЗЗ та ВУЗ зафіксовано у зразку 1 – відповідно 80,02 та 66,15%.
Мінімальні значення ВЗЗ та ВУЗ зафіксовано у зразку 4 - 69,55 та 54, 76 %
відповідно.

Таблиця 4.9 – Показники зразків після 14 діб зберігання

Зразок	Вологість	ВЗЗ, %	ВУЗ, %	Пластичність, г/см ²	pH	Відділена волога, %
1	70,93±2,00	72,44±2,10	63,32±1,88	364±11	5,6±0,05	7,16±0,24
2	68,77±1,75	69,85±2,02	59,06±1,56	384±15	5,9±0,08	8,86±0,19
3	64,12±1,77	70,08±1,65	54,4±1,75	429±7	5,75±0,07	12,15±0,22
4	63,86±1,33	63,27±1,95	50,35±1,64	431±6	6,05±0,10	15,62±0,13

Після 14 діб зберігання тенденції, простежуванні у перших двох точках дослідження зразків (перша та восьма доба зберігання) зберігаються. Максимальні значення функціонально-технологічних показників та мінімальні значення пластичності та кількості відділеної вологи зафіксовано у зразках 1 та 2, які оброблювались трансглютаміназою. У зразку 4, який не містив у рецептурі жодного з досліджуваних на даному етапі інгредієнтів, зафіксовано значну різницю за значеннями усіх показників крім пластичності та вологості продукту. Значення рН даного зразка становить 6,05 (в порівнянні з 5,60 для зразка 1), кількість відділеної вологи перевищує аналогічний показник зразка 1 більш ніж удвічі. Також значення ВЗЗ та ВУЗ є низькими, особливо це характерно для ВУЗ, значення якої становило 50,35 проти 63,32 % для зразка 1.

Виходячи з отриманих результатів, можна зробити такі висновки -

1) Внесення трансглютамінази справляє більший позитивний вплив на функціонально-технологічні характеристики, ніж внесення стартових культур.

2) Не зважаючи на наведене вище, внесення стартових культур також проявляє позитивний вплив на досліджувані характеристики, який проявляється шляхом росту різниці між значеннями функціонально-технологічних характеристик зразка 4 та інших зразків після 7 та 14 діб зберігання.

3) Згідно з органолептичною оцінкою зразка 4, після 14 діб зберігання відмічено перші ознаки погіршення смако-ароматичних показників, а саме поява характерних нот м'яса птиці у запаху та підвищення солоності продукту.

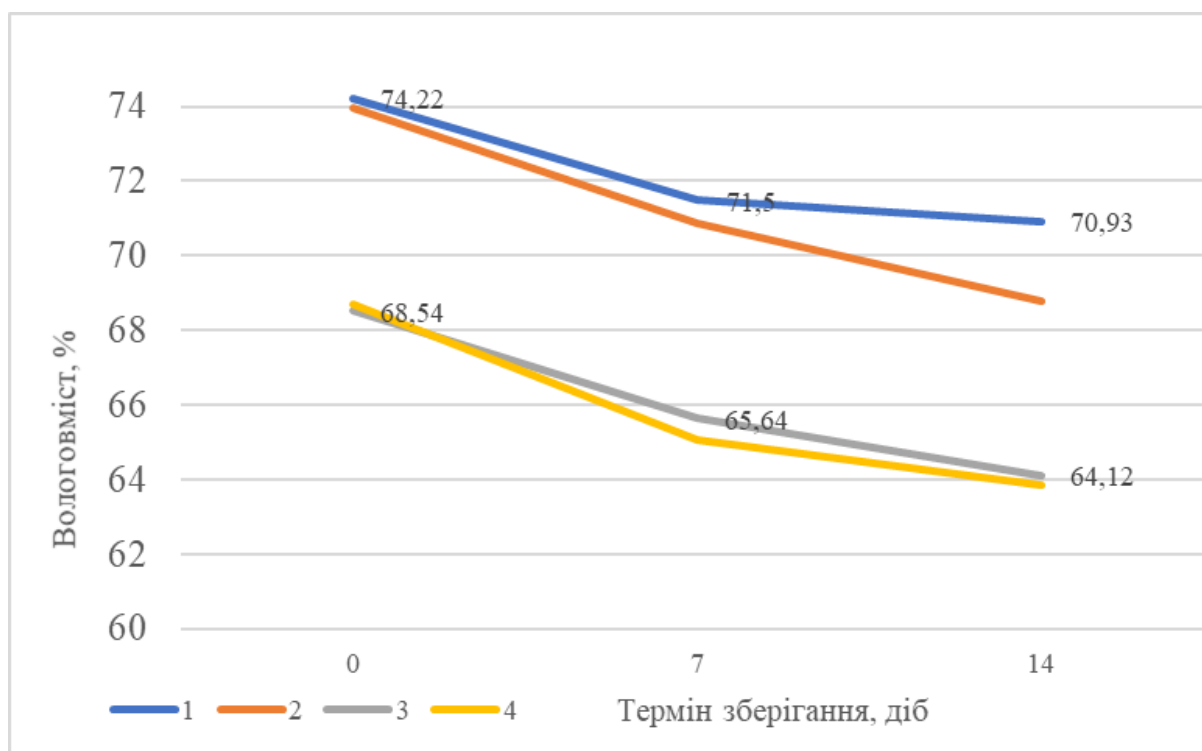


Рисунок 4.1 – Зміна вмісту води у зразках 4 етапу

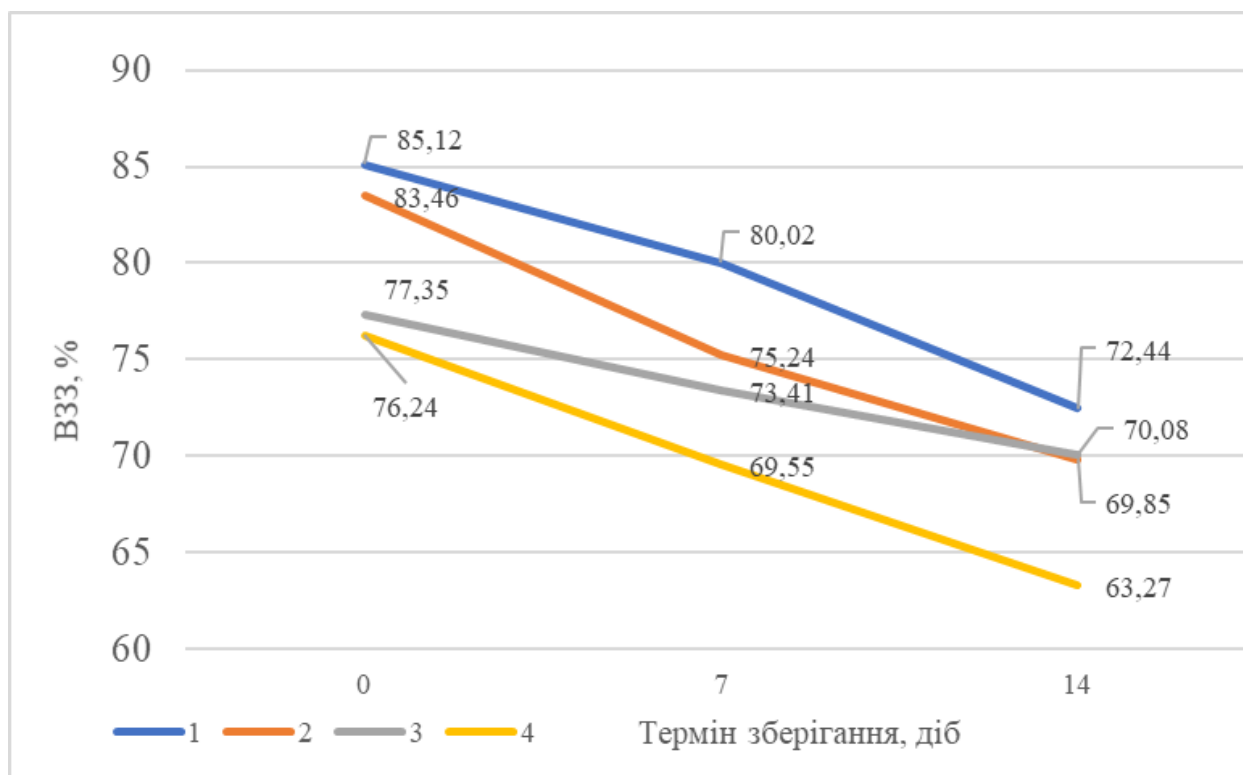


Рисунок 4.2 – Зміна ВЗЗ зразків 4 етапу

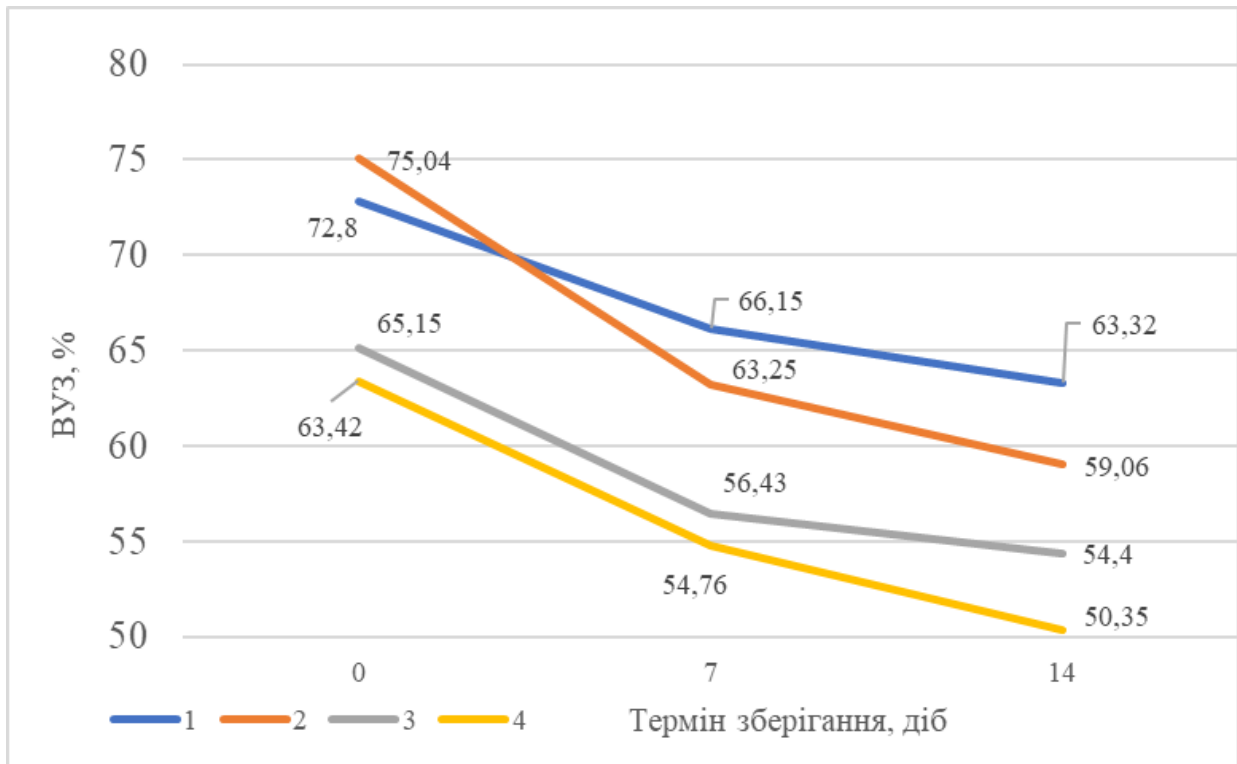


Рисунок 4.3 – Зміна ВУЗ зразків 4 етапу

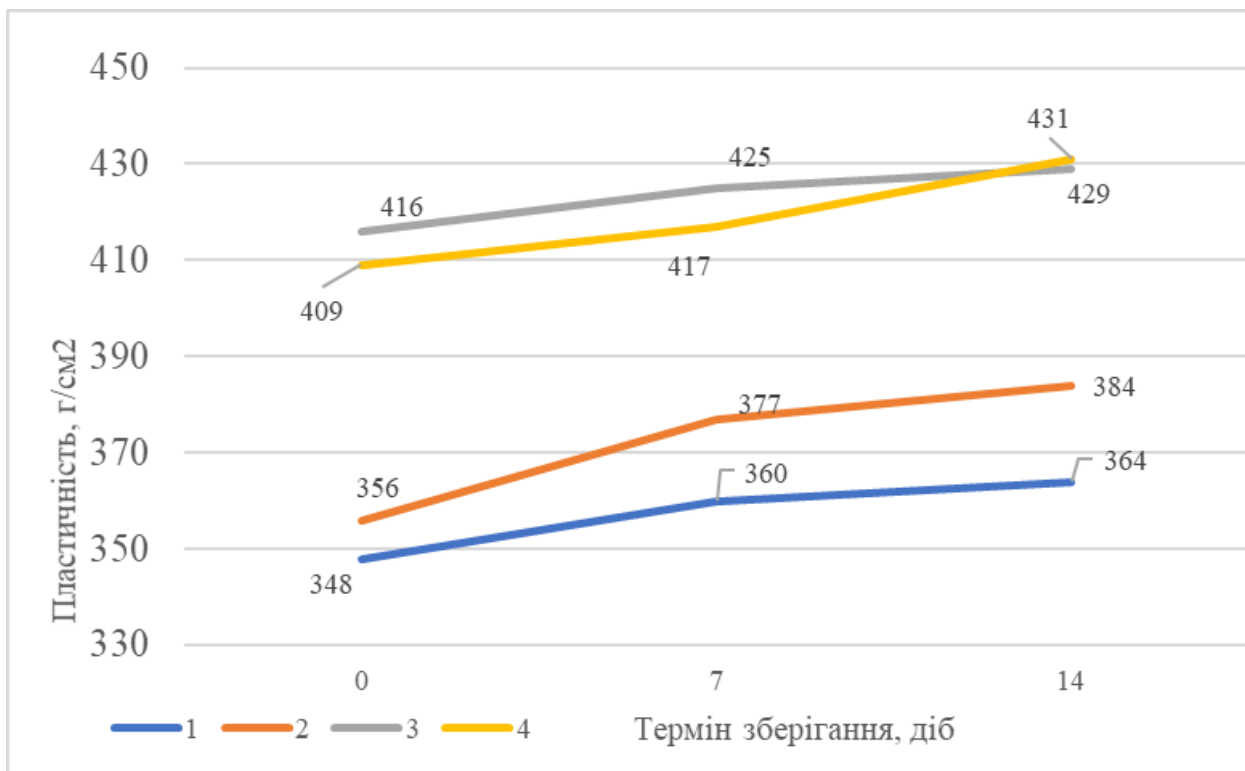


Рисунок 4.4 – Зміна пластичності зразків 4 етапу

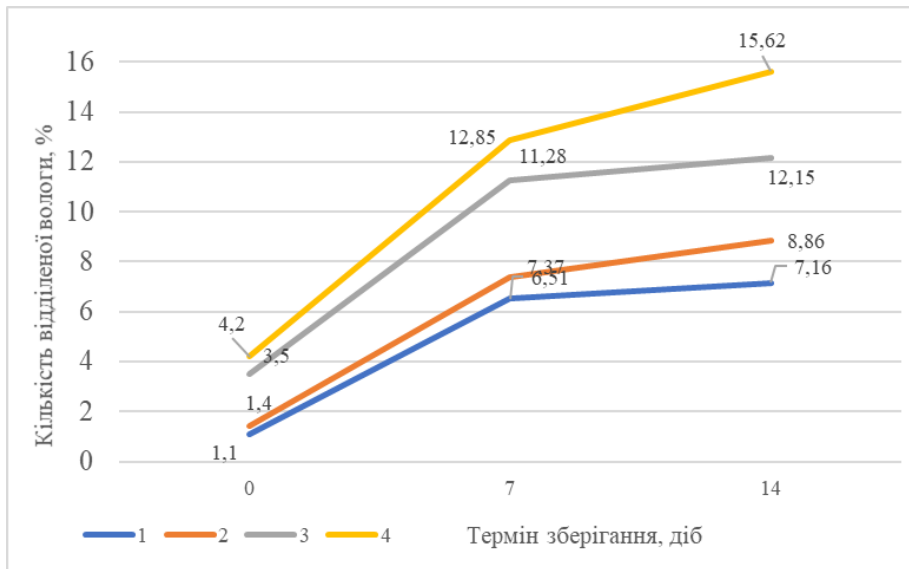


Рисунок 4.5 – Зміна кількості відділеної вологи у зразках 4 етапу

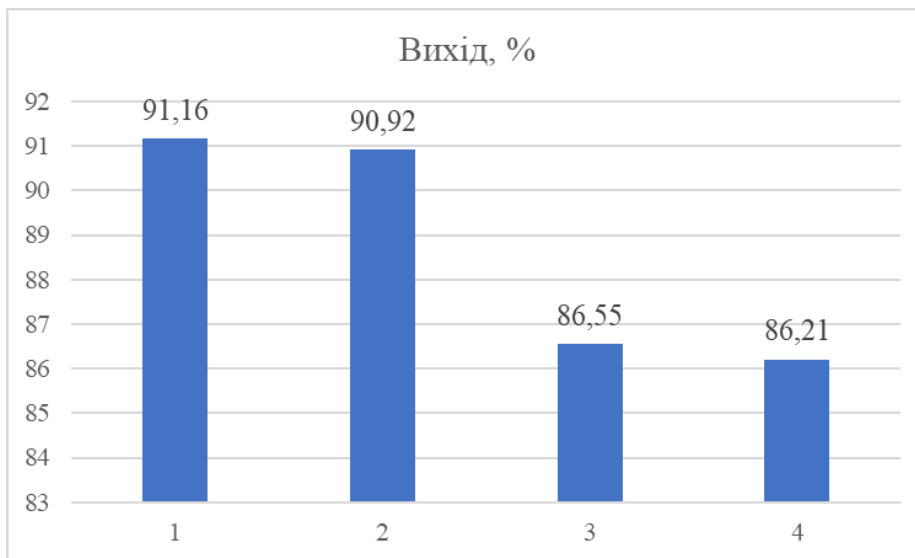


Рисунок 4.6 – Вихід зразків 4 етапу при термообробці

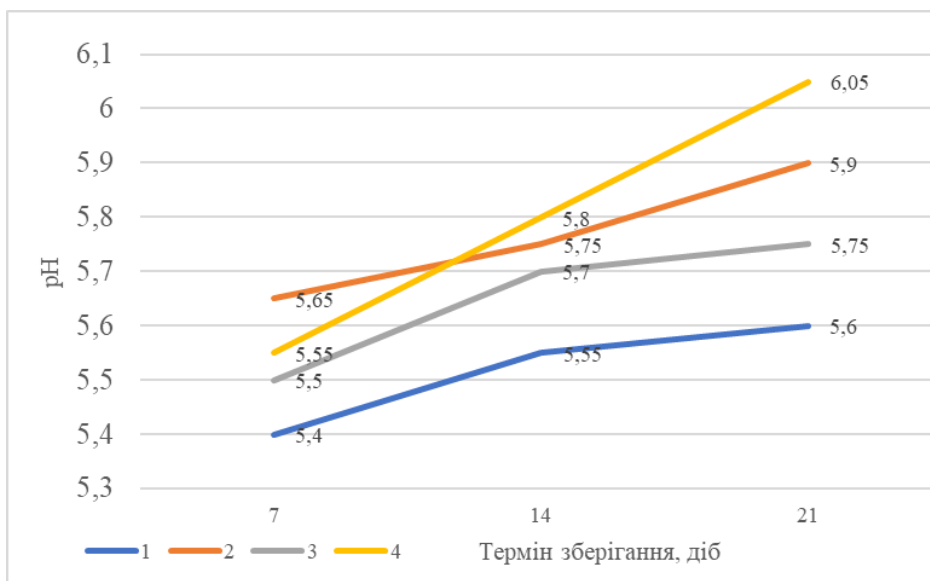


Рисунок 4.7 – Зміна рН зразків 4 етапу

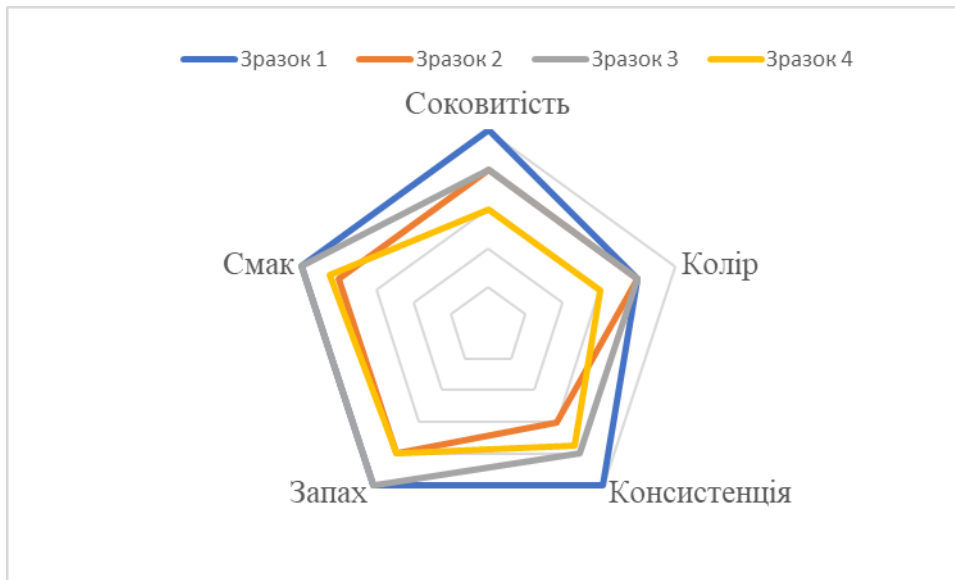


Рисунок 4.8 – Профілограма органолептичної оцінки зразків продукції після 14 діб зберігання

Як можна бачити на графіках (рис. 4.1-4.8), за значеннями усіх показників крім рН, криві зміни характеристик зразків чітко розділяються попарно на усіх графіках. Попарне групування кривих зміни показників відбувається за такими групами – «верхня» група (з більшими значеннями показників) – зразки 1 та 2, інша (з меншими значеннями показників) – зразки 3 та 4. Дана тенденція вкотре підкреслює вагомість впливу внесення транглутамінази на зміну значень досліджуваних функціонально-технологічних характеристик протягом 14 діб зберігання продуктів із м'яса курчат-бройлерів, оброблюваних за технологією Sous Vide.

Наступним кроком варто передбачати статистичну інтерпретацію отриманих даних у вигляді коефіцієнтів рівнянь регресії. Даний крок є необхідним перш за все для того, щоб довести вагомість та ключову роль ферментативної обробки в умовах досліджуваного діапазону характеристик та режимів. Математичну обробку проводимо за таким алгоритмом визначення коефіцієнтів регресії. Для нульового коефіцієнта застосовуємо повністю додатній (нульовий) стовпчик матриці, отримуючи вираз -

$$A_0 = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) / 4$$

, де Y_{1-4} – значення параметрів відповідно з 1 по 4 зразків, 4 – кількість зразків.

$$A_1 = (Y_1 + Y_2 - Y_3 - Y_4) / 4$$

$$A_2 = (Y_1 - Y_2 + Y_3 - Y_4) / 4$$

$$A_3 = (Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4) / 4$$

Для значень ВЗЗ після остигання проводимо розрахунок коефіцієнтів регресії

$$A_0 = (85,12 + 83,46 + 77,35 + 76,24) / 4 = 80,54$$

$$A_1 = (85,12 + 83,46 - 77,35 - 76,24) / 4 = 3,75$$

$$A_2 = (85,12 - 83,46 + 77,35 - 76,24) / 4 = 0,69$$

$$A_3 = (85,12 - 83,46 - 77,35 + 76,24) / 4 = 0,14$$

Для значень ВУЗ після 7 діб зберігання

$$A_0 = (66,15 + 63,25 + 56,43 + 54,46) / 4 = 60,15$$

$$A_1 = (66,15 + 63,25 - 56,43 - 54,46) / 4 = 4,55$$

$$A_2 = (66,15 - 63,25 + 56,43 - 54,46) / 4 = 1,14$$

$$A_3 = (66,15 - 63,25 - 56,43 + 54,46) / 4 = 0,31$$

Таблиця 4.10 – Коефіцієнти впливу факторів на характеристики зразків

Показник	0 діб			7 діб			14 діб		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
ВЗЗ, %	3,75	0,69	0,14	3,08	2,16	0,23	2,24	2,35	-1,06
ВУЗ, %	4,82	-0,13	-0,99	4,55	1,14	0,31	4,41	2,08	0,05
Вміст вологи, %	2,73	0,03	0,11	2,91	0,30	0,02	2,93	0,61	0,48
Втрати, %	-2,33	-0,15	0,03	-2,56	-0,61	0,18	-2,94	-1,29	0,44
Пластичність, г/см ²	-30,20	-0,25	-3,75	-26,3	-2,25	-6,25	-28,0	-5,5	-4,0
pH	0,00	-0,08	-0,05	-0,05	-0,08	-0,03	-0,08	-0,15	0,00

Розраховуючи за аналогічним алгоритмом коефіцієнти регресії для усіх параметрів та факторів протягом 14 діб зберігання (в усіх 3 точках), зводимо отримані дані у таблицю 4.10.

Аналізуючи отримані значення коефіцієнтів регресії, можна зробити висновки, які підтверджують візуально (графічно) зафіксовані закономірності щодо вирішального впливу внесення трансглютамінази на функціонально-

технологічні зразки готової продукції з м'яса курчат-бройлерів, оброблених за технологією Sous Vide. Для більш детального аналізу підсумуємо коефіцієнти регресії за сімома методами. Перші три сумарні значення виражають відповідно усереднені значення коефіцієнтів регресії для кожного коефіцієнту крім нульового протягом 14 діб (усереднені 3 значення). Також визначаємо середню величину коефіцієнта регресії для впливу на усі параметри у кожній точці досліджень (відповідно середнє значення усіх A_1 на першу, восьму та п'ятнадцяту добу зберігання). Після цього проводимо визначення величини останнього усередненого коефіцієнту регресії, що демонструє середнє значення коефіцієнтів регресії для кожного фактору для усіх 3 коефіцієнтів за точками, в кожній з яких визначено відповідно 6 значень по одному для кожного змінного параметру. Отримані значення зводимо у таблицю 4.11

Таблиця 4.11 – Середні значення коефіцієнтів впливу факторів

Показник	Середнє значення (A^d)		
	A^d_1	A^d_2	A^d_3
ВЗЗ, %	3,02	1,73	-0,23
ВУЗ, %	4,59	1,03	-0,21
Вміст вологи, %	2,86	0,31	0,20
Втрати, %	2,61	0,68	-0,22
Пластичність, г/см ²	28,17	2,67	4,67
pH	-0,04	-0,10	-0,03
Середній вплив на усі показники A^e на першу добу	7,31	0,15	0,49
Середній вплив на усі показники A^e після 7 діб	6,56	1,06	1,10
Середній вплив на усі показники A^e після 14 діб	6,74	1,95	0,51
Середній вплив на усі показники протягом усього терміну зберігання, A^{dE}	6,87	1,05	0,70

Отримані дані свідчать про те, що в середньому для усіх параметрів крім pH внесення ферменту мало більші коефіцієнти регресії, а отже даний фактор проявляє більший вплив на досліджувані характеристики в даному діапазоні.

Після цього можна розкодувати рівняння для основного за своєю практичною значущістю показника – ВЗЗ. Рівняння регресії для визначення ВЗЗ після 14 діб зберігання –

$$y = 68,91 + 2,24x_1 + 2,35x_2 - 1,06x_1x_2$$

Коефіцієнт 1,06 є не вагомим. Після розкодування отримуємо

$$y = 68,91 + 2,24(x_1 - 0,005)/0,005 + 2,35(x_2 - 0,025)/0,025 = 68,91 + 448x_1 - 2,24 + 94x_2 - 2,35 = 64,32 + 448x_1 + 94x_2$$

Підставивши значення для параметрів на рівні нульового фактору отримуємо –

$$y = 64,32 + 448 \cdot 0,005 + 94 \cdot 0,025 = 68,91 \%$$

Отримуємо математичну модель, яку легко представити у формі поверхні відгуку (рис. 4.8)

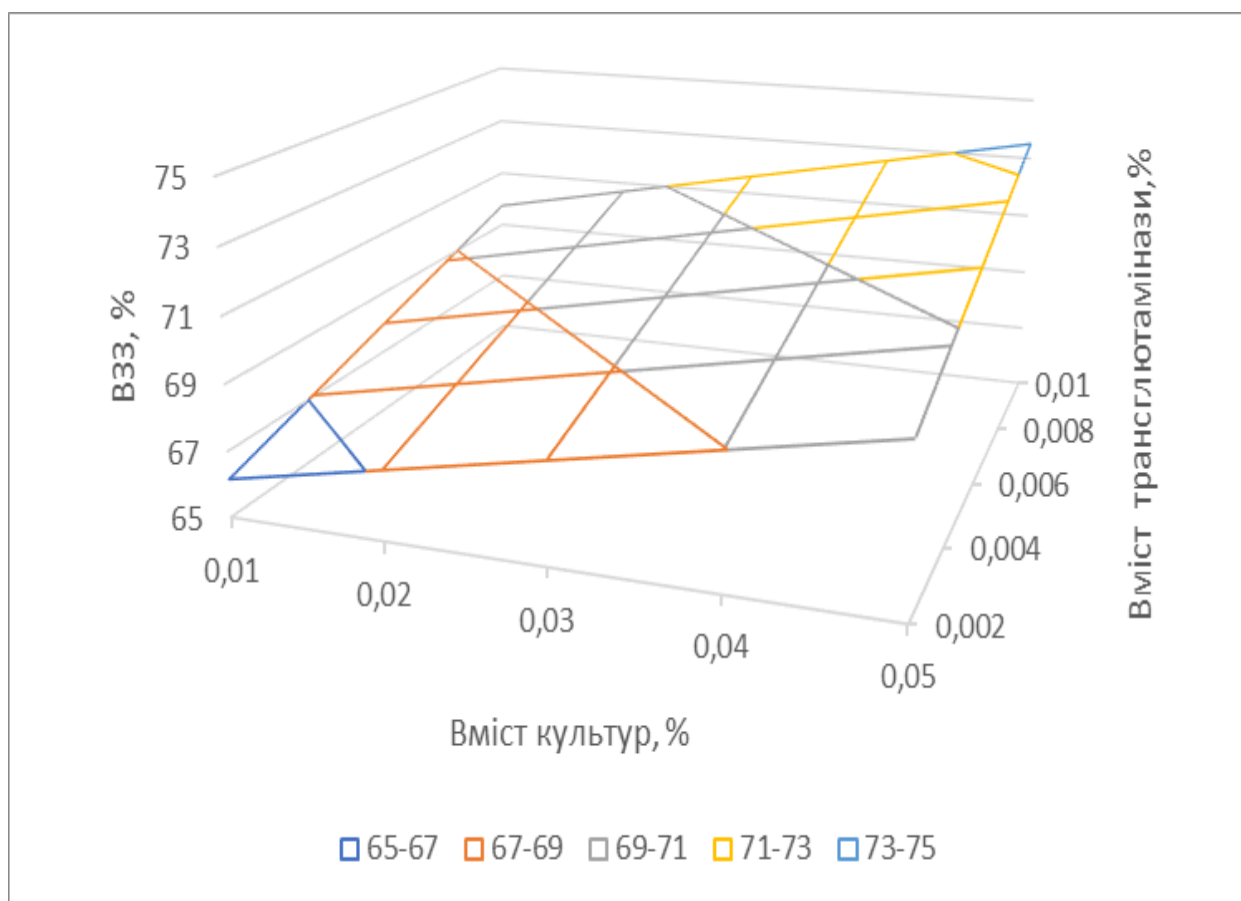


Рисунок 4.8 – Математична модель залежності ВЗЗ від вмісту культур та трансглютамінази у системі продукту

4.2. Характеристики м'ясомістких продуктів, оброблених трансглютаміназою

Беручи за основу отримані результати, прийнято рішення розробити рецептури м'ясомістких продуктів із використанням обробки м'ясної сировини ферментом трансглютаміназою для подальшої термічної обробки за технологією Sous Vide. Згідно плану експерименту було розроблено чотири зразки тефтелів, які відрізнялись тривалістю термічної обробки та застосуванням ферментативної обробки м'ясної сировини.

В якості основної сировини прийнято рецептуру розроблених раніше виробів із м'яса курчат-бройлерів із додаванням бланшованого рису та Рецептура досліджуваних виробів наведена у табл. 4.12. Усіх розроблених зразки містили в своєму складі бланшований рис у співвідношенні за масовою часткою 35,0 % від маси основної сировини, а також соус Хойсін.

Технологія виготовлення продукту передбачала наступні етапи

1. Посол м'яса птиці із використанням розсолу, аналогічного рецептурі, що використовувалась на попередніх етапах досліджень (табл. 4.9-4.11). Відмінним на даному етапі є внесення розсолу не шляхом ін'єктування, а методом маринування з наступним витриманням у посолі протягом 24 год. Після завершення посолу м'ясну сировину залишали для стікання надлишкової вологи протягом 30-40 хв.

2. Бланшування та підготовка рису. Довгозернистий рис промивали чотирьохкратною кількістю холодної (12-15 °С) води та вміщували у термокамеру з кількістю води, маса якої становить 75 % від маси рису. Бланшування проводили за температури 102-105 °С протягом 7-8 хв. Після бланшування рис знову промивали холодною водою та направляли на складання фаршу.

3. Підготовка соусу Хойсін відбувалась шляхом змішування інгредієнтів у заданій пропорції та внесенням в отриману суміш культур захисної дії *Lactobacillus curvatus*.

4. Подрібнення м'ясної сировини проводили на вовчку з діаметром отворів 5 мм, після чого сировину направляли на складання фаршу.

5. Попередньо бланшований та охолоджений рис змішували з подрібненою м'ясною сировиною та проводили перемішування на мішалці з лопатями протягом 5 хв. З отриманої суміші формували тефтелі масою 90-100 г. При складанні фаршу додавали ферментну сировину (трансглютаміназу) в кількості 0,012 % від маси м'ясної сировини або 0,0078 % від маси м'ясо-рослинного фаршу.

6. Сформовані тефтелі вміщували у вакуумні пакети, заливали соусом Хойсін у співвідношенні маси виробів та соусу 3:1, після чого вакуумували та запаювали пакет, залишаючи протягом 2,5 год для ущільнення виробів.

7. Термічну обробку зразків 1 та 2 проводили протягом 180 хв за температури 65 °С, а зразків 3 та 4 – протягом 150 хв за аналогічної температури.

8. Після завершення термічної обробки зразки охолоджували в камері за температури 3-6 °С протягом 3 год. Після охолодження частину зразків досліджували одразу після остигання, інші зразки досліджували після 14 діб зберігання.

Таблиця 4.12 – Рецептури тефтелів із використанням ферментації

Кількість, г/ 100 г	Зразок			
	№1	№2	№3	№4
Філе курчат-бройлерів	50,0	50,0	50,0	50,0
Рис бланшований	35,0	35,0	35,0	35,0
в т.ч. вода питна	15,0	15,0	15,0	15,0
Розсіл, в т.ч.	15,0	15,0	15,0	15,0
Стартові культури <i>Lactobacillus curvatus</i>	0,05	0,05	0,05	0,05
Суміш триполіфосфатів	0,4	0,4	0,4	0,4
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3	1,3
Трансглютаміназа	0,078	-	0,078	-
Вода питна	13,29	13,29	13,29	13,29

Таблиця 4.13 – План експерименту з дослідження тефтелів м'ясо-рослинних

Зразок	Значення факторів		Фактори	
	C ₁	C ₂	Тривалість термічної обробки, хв	Вміст трансглютамінази, %
1	+	+	180	0,078
2	+	-	180	0,000
3	-	+	150	0,078
4	-	-	150	0,000

Після проведення обробки та вимірювань по завершенню остигання зафіксовано наступні результати, які наведено у табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Характеристики тефтелів після остигання

Зразок	Вологість	ВЗЗ, %	ВУЗ, %	Пластичність, г/см ²	pH	Вихід, %
1	68,55±2,15	74,42±2,11	58,70±1,68	296±7	5,20±0,12	107,24±2,31
2	65,77±1,75	68,61±0,05	52,25±1,55	274±8	5,45±0,11	102,46±1,95
3	70,39±1,87	77,35±0,05	65,15±2,02	320±11	5,15±0,09	98,23±2,18
4	71,62±1,38	76,24±0,05	63,42±1,99	359±8	5,55±0,10	94,89±1,81

Як можна бачити з наведених даних, максимальні значення усіх досліджуваних показників окрім пластичності та pH водної витяжки продукту було досягнуто у зразку 1, що підтверджує позитивний вплив внесення трансглютамінази та подовженої термічної обробки на функціонально-технологічні характеристики м'ясо-рослинних виробів, оброблених за технологією Sous Vide. Дані результати також свідчать про відмінність процесів, які протікають при обробці м'ясної та м'ясо-рослинної фаршевої системи. Тривалість термічної обробки 150 хв виявилась недостатньою для гідролізу та підвищення рівня поглинання вологи рослинною сировиною (рисом), а внесення трансглютамінази не змогло повністю компенсувати наслідки даного процесу. Таким, чином, хоча зменшення часу термічної обробки м'ясної сировини призводить до зростання виходу, для м'ясо-рослинних виробів при наявності соусу або іншого джерела вологи, дана

закономірність не може розглядатись з тією ж справедливістю. Графіки порівняння отриманих характеристик наведено на рис. 4.9-4.12.

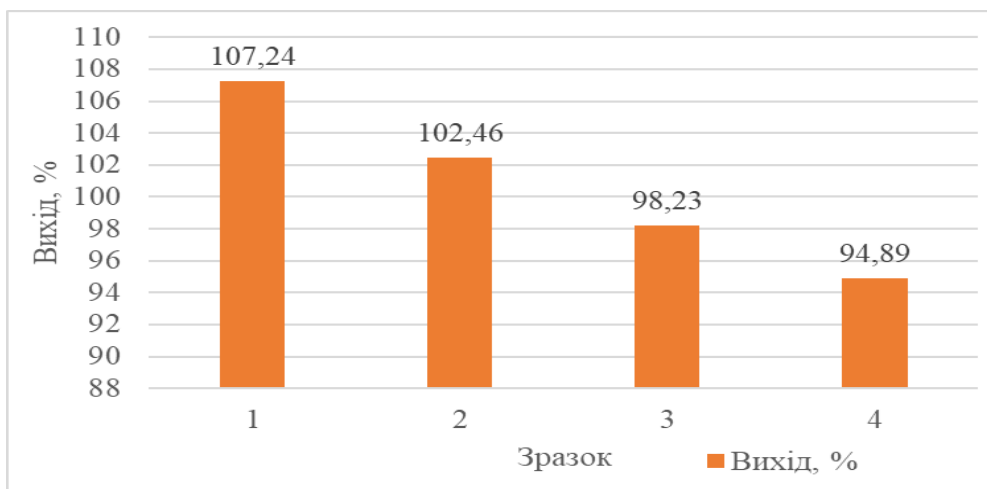


Рисунок 4.9 – Вихід досліджуваних зразків тефтелей



Рисунок 4.10 – рН зразків тефтелей після остигання

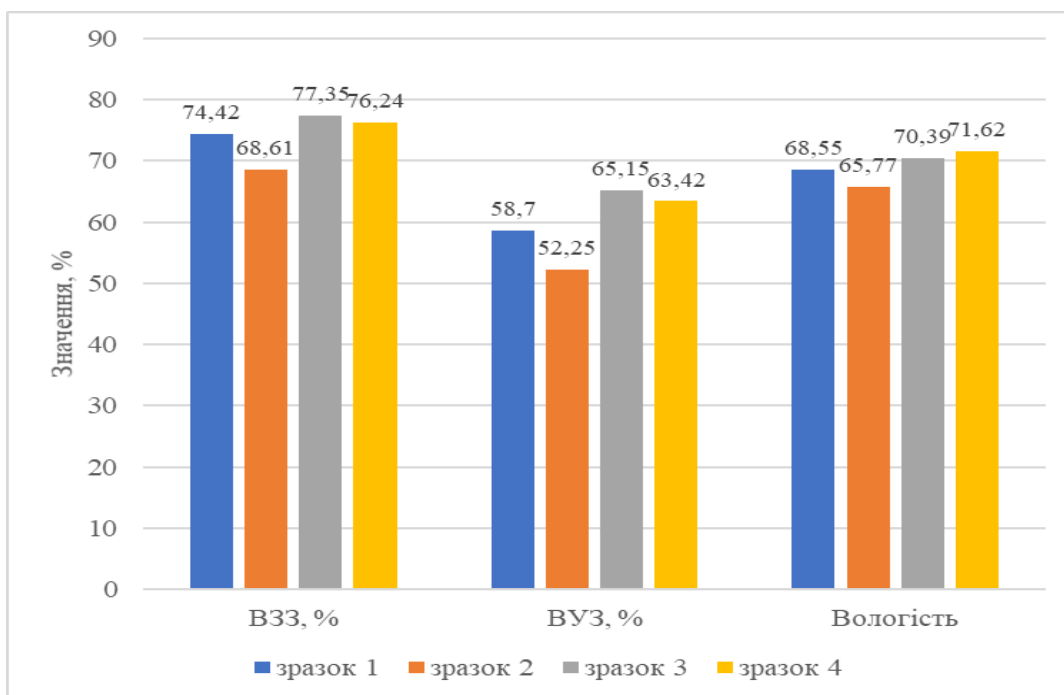


Рисунок 4.11 – Значення вологості та показників утримання вологи у дослідних зразках тефтелей після остигання

Після витримування зразків в умовах охолодженого зберігання протягом 14 діб було отримано результати, наведені у табл. 4.15.

Таблиця 4.15 – Характеристики тефтелей після 14 діб зберігання

Зразок	Вологість	ВЗЗ, %	ВУЗ, %	Пластичність, г/см ²	pH
1	73,15±2,11	72,12±3,32	53,16±1,96	243±8	5,40±0,10
2	72,45±3,02	64,26±2,63	48,06±2,22	202±6	5,80±0,08
3	73,18±2,45	60,19±1,94	52,93±1,95	195±4	5,75±0,11
4	76,61±2,30	59,76±2,04	44,22±1,42	186±6	5,80±0,07

Виходячи з наведених у табл.4.15 даних можна зробити висновки про те, що використання ферментативної обробки у поєднанні із термічною обробкою протягом 180 хв дозволяє сформувати більш стійкий за значеннями функціонально-технологічних характеристик в процесі зберігання продукт.

Значення вологості зросло та досягло однакового рівня в усіх зразках, втративши таким чином яскраво виражену залежність від способу термічної обробки або присутності трансглютамінази. Вміст вологи в усіх зразках становив 72-77 %, тоді як значення інших функціонально-технологічних показників зберегли залежність від способу обробки.

Значення ВЗЗ продемонстрували значно менший рівень падіння протягом 14 діб зберігання у зразках 1 та 2, які оброблювали протягом 180 хв, тоді як рівні значень ВУЗ продемонстрували залежність від присутності трансглютамінази у рецептурі продукту. Значення пластичності у зразках, які оброблювали протягом 150 хв значно понизились протягом терміну зберігання, підтверджуючи таким чином залежність від тривалості термічної обробки.

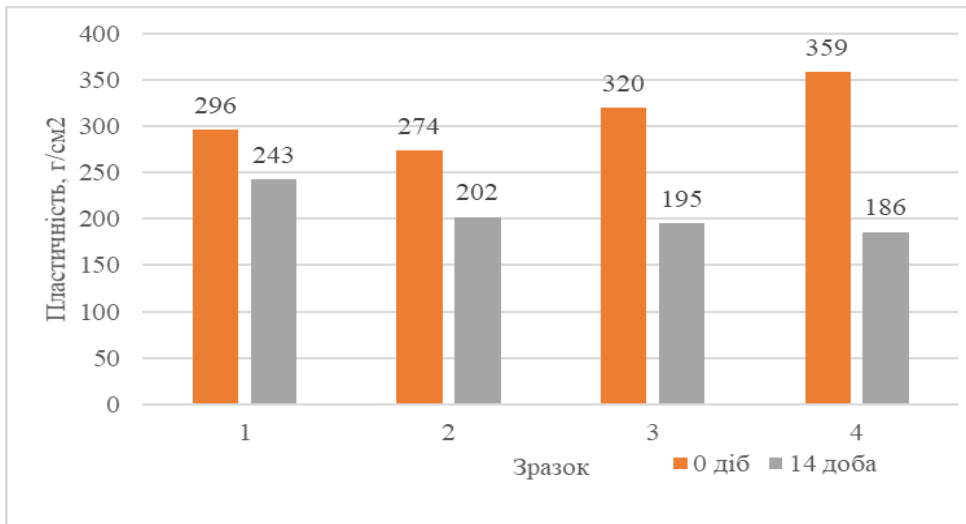


Рисунок 4.12 – Зміна значень пластичності протягом зберігання тефтелей

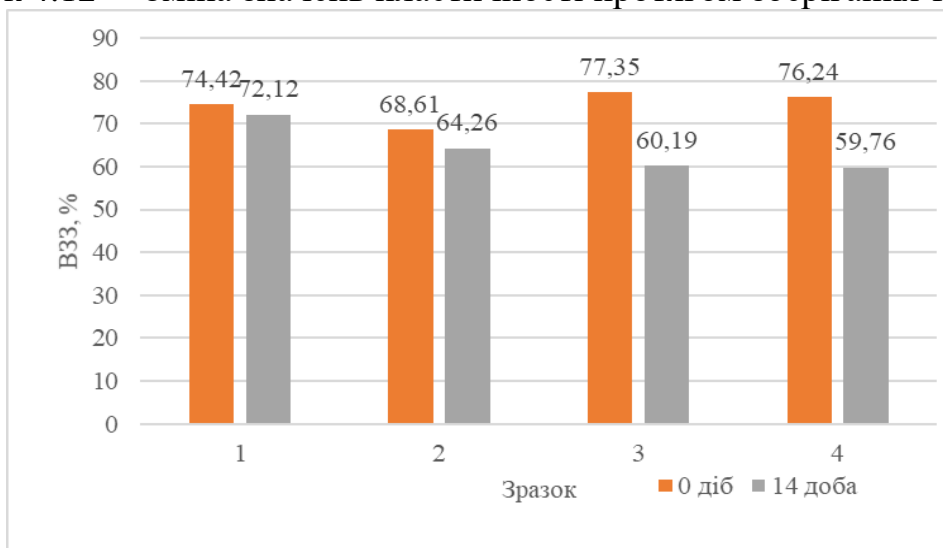


Рисунок 4.13 – Зміна значень V33 протягом зберігання тефтелей

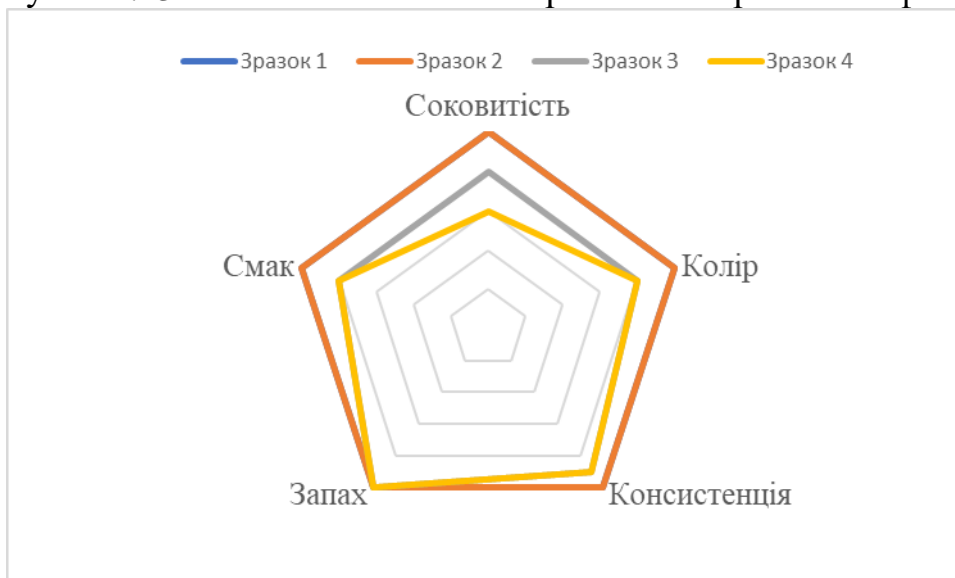


Рисунок 4.14 – Профілограма органолептичної оцінки тефтелей після остигання

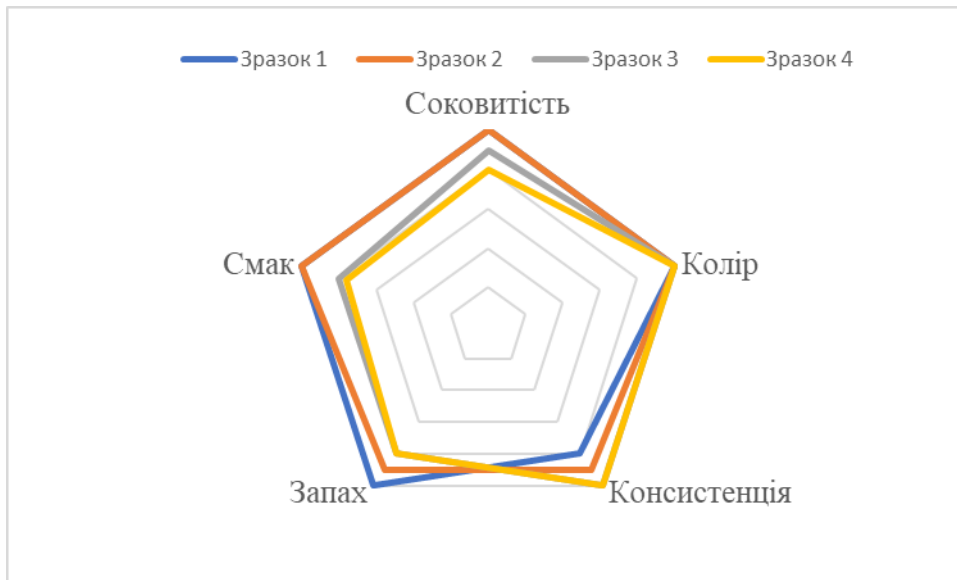


Рисунок 4.15 – Профілограма органолептичної оцінки тефтелей після 14 діб зберігання

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії для значення ВЗЗ зразків після 14 діб зберігання

$$A_0 = (72,12+64,26+60,19+59,76)/4 = 64,08$$

$$A_1 = (72,12+64,26-60,19-59,76)/4 = 4,11$$

$$A_2 = (72,12-64,26+60,19-59,76)/4 = 2,07$$

$$A_3 = (72,12-64,26-60,19+59,76)/4 = 1,86$$

Для значень пластичності

$$A_0 = (243+202+195+186)/4 = 206,50$$

$$A_1 = (243+202-195-186)/4 = 16,00$$

$$A_2 = (243-202+195-186)/4 = 12,50$$

$$A_3 = (243-202-195+186)/4 = 8,00$$

Рівняння регресії для визначення ВЗЗ після 14 діб зберігання тефтелей–

$$y = 64,08+4,11x_1 +2,97x_2 +1,86x_1x_2$$

Після розкодування отримуємо

$$y = 64,08 + 4,11 (x_1-15)/15 + 2,07(x_2-0,0039)/0,0039 = 64,08 + 0,274x_1-4,11 + 761,54x_2-2,07 = 57,9 + 0,274 x_1 +761,54x_2$$

Рівняння регресії для визначення пластичності після 14 діб зберігання тефтелей –

$$y = 206,5+16 x_1 +12,5x_2 +1,8 x_1x_2$$

Після розкодування отримуємо

$$Y = 176,2 + 1,07x_1 + 1602,6x_2 + 15,38x_1x_2$$

Наводимо отримані рівняння регресій у табл.4.16

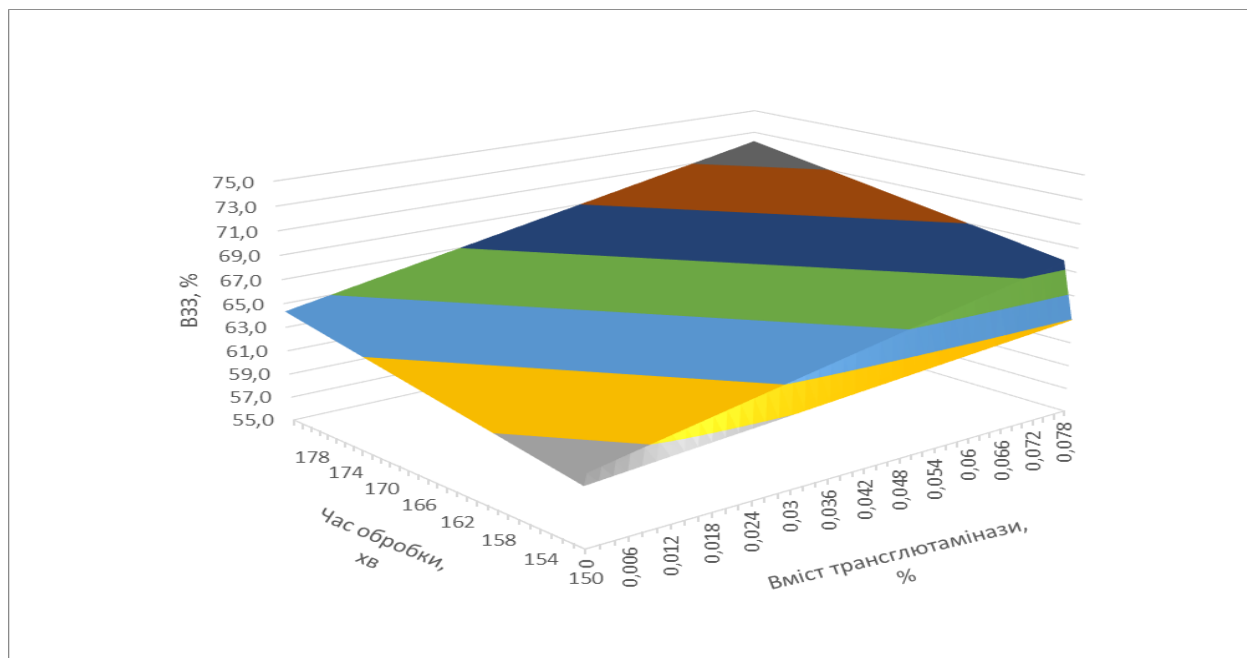


Рисунок 4.16 – Математична модель визначення V33 цільном’язової продукції протягом 14 днів зберігання

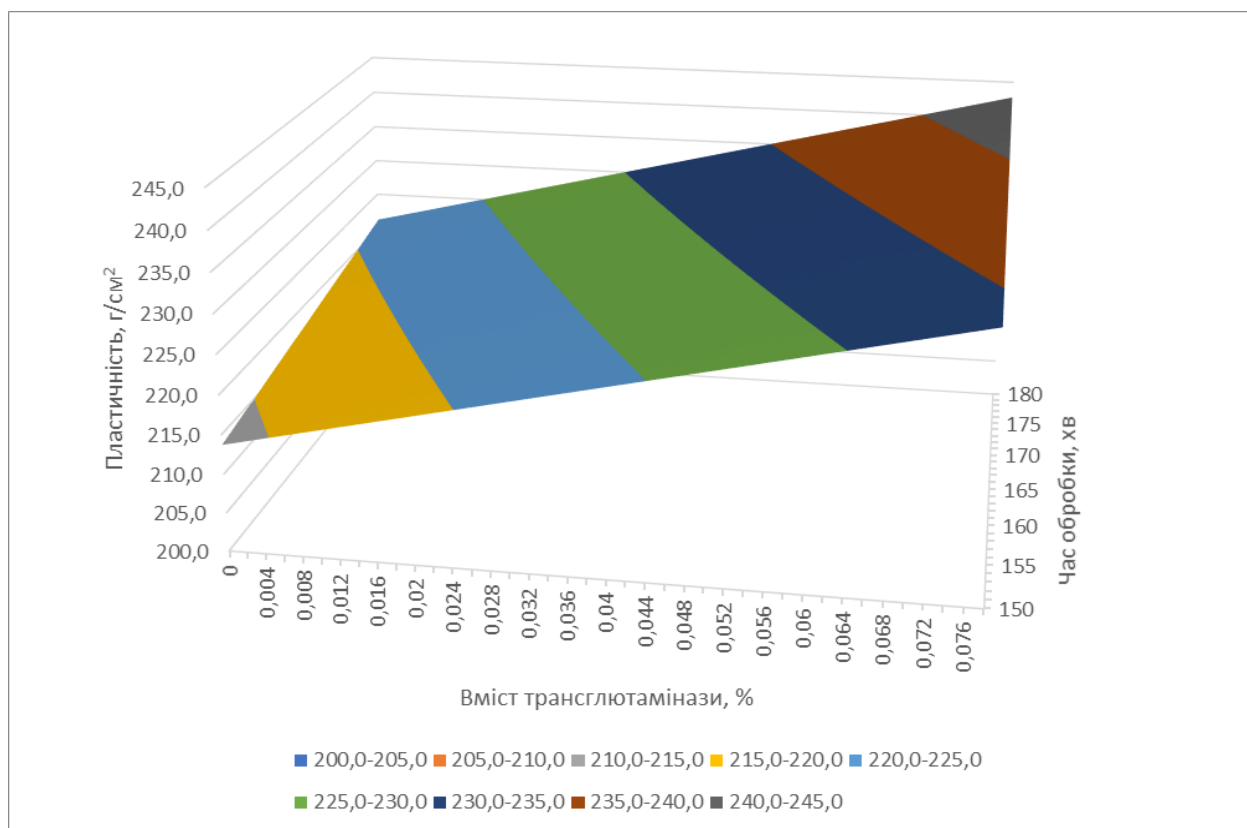


Рисунок 4.17 – Математична модель визначення пластичності тэфтелей протягом 14 днів зберігання

Таблиця 4.16 – Рівняння регресій для параметрів досліджуваних продуктів

Продукт	Параметр	Термін зберігання	Рівняння регресії
Філе	ВУЗ	7 діб	$Y = 60,2 + 1,14x_1 + 0,3x_2$
Філе	ВЗЗ	14 діб	$Y = 64,32 + 448x_1 + 94x_2$
Тефтелі	ВЗЗ	14 діб	$Y = 64,08 + 4,11x_1 + 2,97x_2 + 1,86x_1x_2$
Тефтелі	Пластичність	14 діб	$Y = 176,2 + 1,07x_1 - 1902,6x_2$

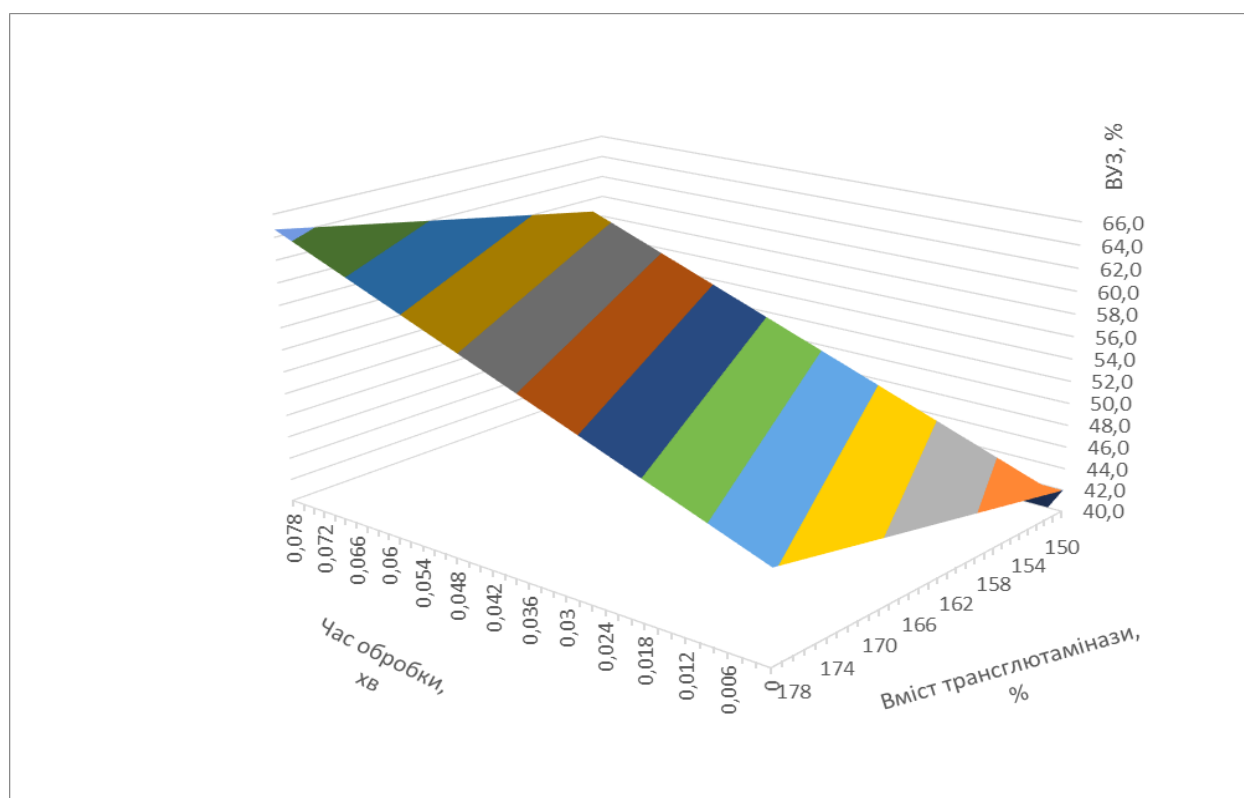


Рисунок 4.18 – Математична модель визначення ВУЗ філе курчат-бройлерів протягом 7 діб зберігання.

Аналіз наведених математичних моделей. Модель визначення ВЗЗ цільном'язової продукції протягом 14 діб зберігання (рис. 4.16) демонструє вплив рівня внесення препарату трансглютамінази на зміну рівня утримання вологи у термічно-обробленому продукті на основі філе курчат-бройлерів. Виходячи з наведених рівнянь, розрахункове значення ВЗЗ готового продукту після 14 діб зберігання при рівні внесення трансглютамінази 0,003 % та при

обробі продукту протягом 166 хв становить 62,85 %, що наближено дорівнює отриманим дослідним шляхом значенням та дозволяє прогнозувати значення ВЗЗ протягом терміну зберігання.

Модель на рисунку 4.17 демонструє залежність пластичності готового продукту від зміни рівня внесення трансглютамінази та часу фаршевої системи м'ясомістких тефтелей. Отримані розрахункові дані дозволяють встановити значення пластичності при тривалості обробки 165 хв та вмісті препарату трансглютамінази 0,052 % на рівні 232,8 г/см², що є співставним з отриманими дослідними шляхом значеннями.

Отримані математичні моделі демонструють лінійні залежності значень параметру оптимізації від факторів, які впливають на характеристики системи в процесі посолу та термічної обробки. Як можна бачити з рисунків 4.16-4.18, основним фактором, який обумовлює зростання значень досліджуваних функціонально-технологічних показників, є внесення ферментного препарату трансглютамінази, яке знаходить в прямо пропорційній залежності з більшістю функціонально-технологічними характеристиками готової продукції.

$$Y = 176,2 + 1,07x_1 - 1602,6x_2 + 15,38x_1x_2$$

$$Y = 176,2 + 1,07 \cdot 165 - 1902,6 \cdot 0,052 = 232,81$$

$$Y = 176,2 + 1,07 \cdot 170 - 1902,6 \cdot 0,058 = 272,29$$

4.3. Апробація отриманих результатів

Апробацію отриманих результатів проводили на базі декількох підприємств, серед яких ТОВ «Забіяка», ТОВ «Фудмережа» та ТОВ «Бабушкин сад». В процесі апробації було виготовлено промислові зразки, оброблені за удосконаленою технологією Sous Vide із використанням цільової ферментації, зокрема:

- Виготовлено філе курчат-бройлерів в соусі Хойсін Sous Vide, філе курчат-бройлерів Sous Vide, четвертину курчат-бройлерів Sous Vide та м'ясо качки в соусі Хойсін Sous Vide.

- Зразки із використанням напівфабрикатів від розроблення свинини – «Реберця медові», «Лопатка Тосканська», «Рулька пікантна».
- Тефтелі курячі в соусі Хойсін Sous Vide, філе курчат-бройлерів в кисло-солодкому соусі Sous Vide (комерційна назва «грудка куряча в кисло-солодкому соусі Sous Vide»). Технологічна схема виробництва філе курчат-бройлерів – на рис. 4.19.

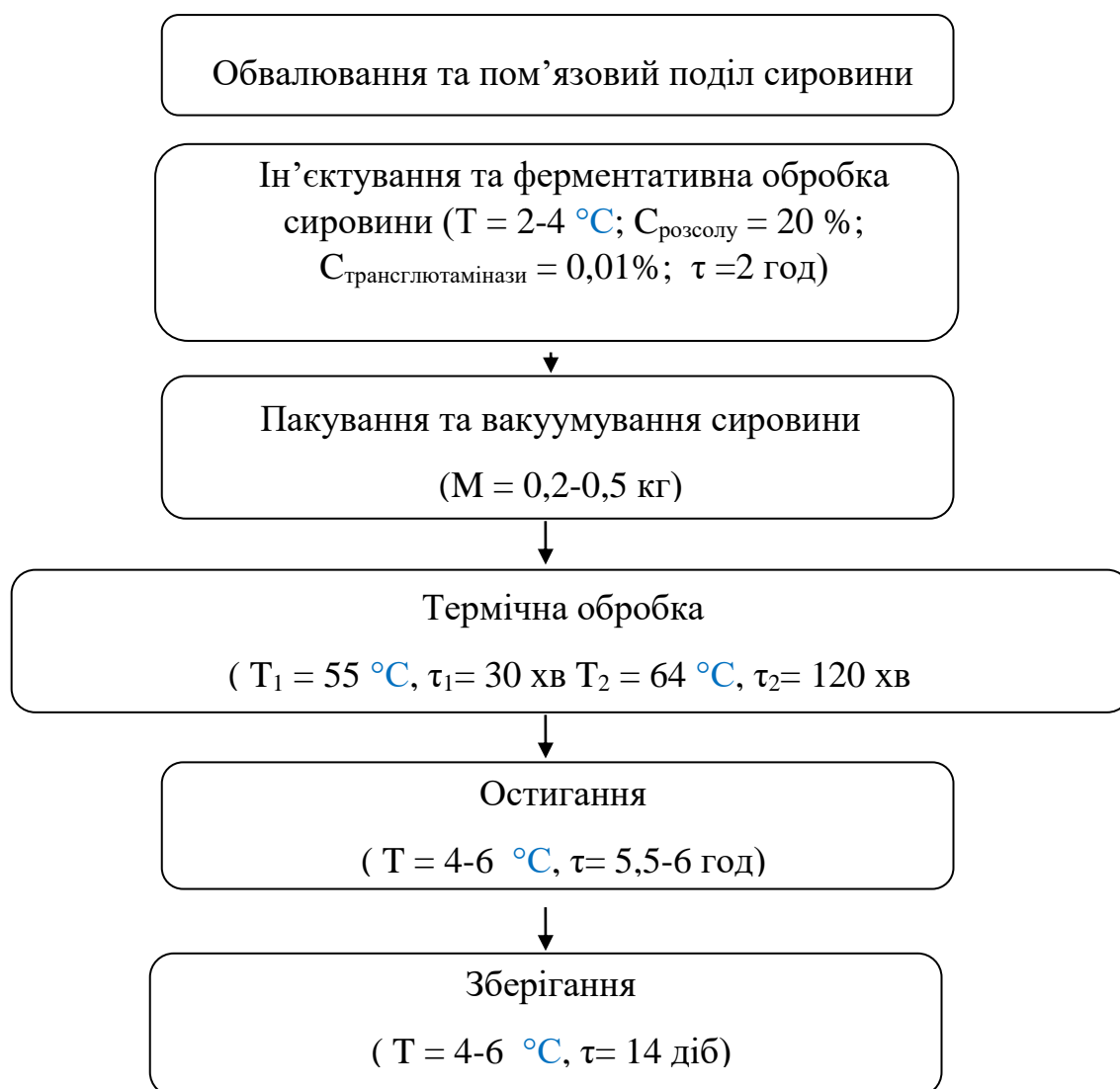


Рисунок 4.19 – Удосконалена технологічна схема виробництва продуктів із м'яса птиці за технологією Sous Vide

Опис реалізації розробленої технологічної схеми. Відповідно до передбачуваного застосування удосконаленої технології, існує дві основних можливих реалізації – виробництво продукції “Sous Vide” на підприємства

м'ясопереробного комплексу (м'ясокомбінатах, ковбасних цехах, тощо), або застосування даної технології в сфері громадського харчування.

Згідно першого способу передбачено виробництво великих партій розроблюваної продукції. На першому етапі проводять розбирання отриманих напівтуш та обвалювання з пом'язовим поділом сировини. Розділювання півтуш та обвалювання проводять на столах конвеєрного типу (1). Після обвалювання отриману м'ясну сировину направляють на ін'єктування. Перед початком ін'єктуванням важливим є дотримання послідовності підготовки розсолу. Першим етапом підготовки розсолу є розчинення функціональних інгредієнтів, що містять в своєму складі фосфати. Температура води має становити від 0,5 до 2 °С. Після додавання фосфатного функціонального інгредієнту та перемішування розчину протягом 2 хв за допомогою мішалки пропелерного або роторного типу (2). По досягненню однорідності, в суміш вводять сіль кухонну, перемішують ще протягом 1,5-2 хв, після чого вносять пшеничну клітковину та ферментний препарат трансклятамінази разом із культурами. Після перемішування розсолу до однорідності його можна зберігати не довше ніж 2 години до початку ін'єктування м'ясної сировини. Ін'єктування проводять за допомогою автоматичного ін'єктора з голками внутрішнього діаметру 3 мм (3). Тиск розсолу при ін'єктуванні не має перевищувати 0,25 МПа, оптимальними значеннями є використання тиску 0,12-0,15 Мпа при застосуванні ін'єктора з чотирма рядами голок та кількості проходів сировини кратній 2-м (залежно від конструкції). Ін'єктування проводять до досягнення поглинання сировиною розсолу в кількості $20 \pm 0,5\%$. Після ін'єктування сировину направляють на тумблювання. Для тумблювання використовують вакуумні масажери або тумблери (4). Завантаження сировини має становити від 40 до 80 % обсягу барабана пристрою для досягнення ефективної висоти падіння шматків сировини в процесі перемішування. Для підтримання оптимальної температури процесу 1-4 °С. доцільно використовувати додаткове джерело охолодження барабану – так звану «сорочку». Процес тумблювання проводять протягом 1-1,5 год (залежно від

характеристик вхідної сировини, зокрема консистенції та вологості) при частоті обертання барабану 10-12 хв⁻¹. Після закінчення процесу тумблювання сировину вивантажують та розміщують на столах із перфорацією та ємностями для стікання надлишкового розсолу (в разі його наявності) (5). Після видалення надлишкової вологи сировину направляють на пакування. Для пакування сировини використовують контейнерні вакуум-пакувальні машини (6). Пакують сировину у термостійкі пакети з двома шарами плівки товщиною від 60 до 120 мкм. Після пакування під вакуумом отриманий напівфабрикат укладають на сітки для рами та проводять термічну обробку в універсальній термокамері (7). Перша фаза термічної обробки полягає в прогріві продукту для активації внесених культур. Температура в камері складає 40 °С, відносна вологість середовища – 80%, а швидкість руху повітря в камері – 0,1-0,2 м/с. Перший етап термічної обробки проводять до досягнення температури 32±1 °С в товщі продукту. Другим етапом термічної обробки є варіння в паро-водяній суміші за температури 62-64 °С та відносної вологості середовища в камері 95-98 %. Варіння проводять протягом 120 хв. Після варіння отримані вироби поміщають у камеру охолодження (8), де витримують протягом 4-8 год за температури 4-6°С до досягнення температури в середині виробів 6-8 °С. Після остигання відбирають вироби з пошкодженою упаковкою (в разі їх наявності), перепаковують, та направляють всю партію на маркування та реалізацію або зберігання.

Реалізація технології в сфері громадського харчування передбачає отримання сировини одразу у вигляді натурального напівфабрикату масою 0,2-0,5 кг. Після ін'єктування та тумблювання пакування проводять у вакуумному пакувальному пристрої. Термічну обробку проводять у пристрої комбінованої паро-водяної обробки (пароконвектоматі). Після проведення термічної обробки відповідно до алгоритму, аналогічного першому способу, продукт направляють на остигання за температури 4-6 °С протягом 4-5 годин.

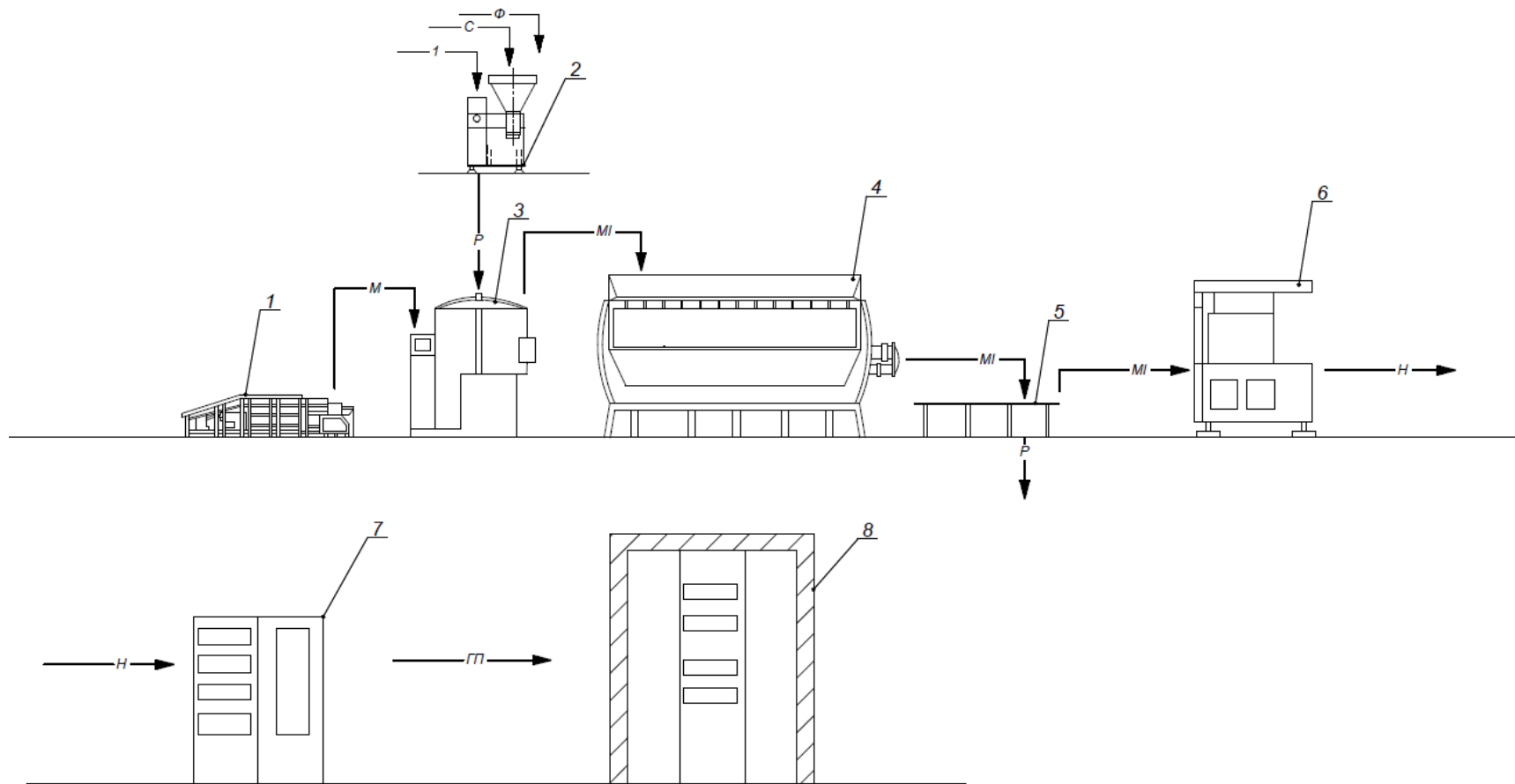


Рисунок 4.20 – Апаратурно-технологічна схема виробництва за удосконаленою технологією

Умовні позначення:

1 – стіл конвеєрний для обвалювання; 2 – Мішалка пропелерна для розсолу; 3 – Ін’єктор; 4 – Тумблер; 5 – Стіл перфорований; 6 – Вакуум-пакувальна машина; 7 – Універсальна термокамера; 8 – Камера охолодження ;
 М – м’ясна сировина; МІ – ін’єкована м’ясна сировина; С – спеції та функціональні інгредієнтів; Ф – ферментний препарат;
 Н – напівфабрикат, упакований під вакуумом; ПП – готовий продукт; 1 – вод

4.4. Техніко-економічна ефективність застосування удосконаленої технології

Для того, щоб оцінити економічну ефективність розробленої удосконаленої технології, доцільно провести розрахунки зміни собівартості продукту, операційних витрат та витрат енергоносіїв на виробництво 1 т продукції.

Першим етапом розрахунку передбачаємо розрахунок виробничої собівартості готової продукції, виходячи з отриманих дослідним шляхом значень виходу та витрат сировини на виробництво 1 т продукції.

В ході здійснення розрахунків приймаємо вихід продукції за удосконаленою технологією рівним 91,16%, виходячи з отриманих дослідних даних третього та четвертого етапів.

Таблиця 4.17– Потреба у сировині для виробництва 1 т продукції.

Сировина	Дослід		Контроль	
	На 100 кг	На 1 т продукту	На 100 кг	На 1 т продукту
Філе курчат-бройлерів	99,5	1091,49	98,5	1201,22
Стартові культури <i>Lactobacillus curvatus</i>	0,06	0,66	-	
Суміш триполіфосфатів	0,48	5,27	-	
Сіль кухонна	1,56	15,6	1,5	15
Трансглютаміназа	0,012	0,13	-	
Вода питна	17,89	196,25	-	
Суміш смако-ароматична «Аромат чікен»	0,5	5,48	-	
Разом	120	1314,88	101,6	1216,22

Таблиця 4.18 – Розрахунок собівартості 1 т продукції

Сировина	Дослід			Контроль		
	На 1 т продукту	Ціна, грн	Вартість, тис.грн	На 1 т продукту	Ціна, грн	Вартість, тис.грн
1	2	3	4	5	6	7
Філе курчат-бройлерів	1091,5	86	93,87	1201,22	86	103,30
Стартові культури	0,66	3650	2,41	-	-	-

Продовження табл.4.18

1	2	3	4	5	6	7
Суміш функціональна «Альма текс №5»	5,27	315	1,66	-	-	-
Сіль кухонна	15,6	4,1	0,06	15	4,1	0,06
Трансглютаміназа	0,13	2720	0,35	-	-	-
Вода питна	196,25	0,8	0,16	-	-	-
Суміш смако-ароматична «Аромат чікен»	5,48	280	1,53	-	-	-
Разом	1314,9		100,05	1216,22		103,37

Згідно отриманих даних по вартості сировини для виробництва 1 т продукції, можна зробити висновок про те, що впровадження удосконаленої технології дасть можливість зменшити собівартість на 3,2 %, водночас передбачаючи подовження термінів зберігання на 4-6 діб.

Проаналізувавши традиційну та запропоновану удосконалену технологічну схему виробництва, можна також зробити прогноз щодо зменшення витрат енергоносіїв на одиницю продукції. Згідно запропонованої технологічної схеми тривалість термічної обробки становить 120 хв, тоді як аналогічна тривалість обробки за традиційною схемою становить в середньому 4-4,5 год. Приймаємо тривалість обробки 240 хв, отримуючи наступні значення (табл. 4.19). При розрахунку керуємось ціною 1 кВт/год електроенергії 2,05 грн, а потужністю, яку споживає універсальна термокамера – 15 кВт/год на прикладі камери КС-1УЭ [www.infomeat.ru/equip/oborud_pre.php?select=5&ref=887].

Також приймаємо до уваги застосування тумблера та ін'єктора, середній час роботи яких становить відповідно 1,5 та 0,5 год, а споживана потужність – 2,5 та 4,7 кВт/год.

Для розрахунку інших операційних витрат, серед яких заробітна плата працівників, відрахування до єдиного соціального фонду, амортизаційні витрати та адміністративні витрати, керуємось сталими значеннями, що приймаються відповідно до виду витрат.

Відрядну розцінку за виробництво 1 т продукції приймаємо 750 грн/т. Даний показник є однаковим для обох видів продукції, отже не зазнає змін в процесі розрахунку.

Таблиця 4.19 – Розрахунок витрат енергоносіїв

Одиниця обладнання	Дослід			Контроль		
	Час роботи, год	Потужність, кВт/год	Вартість, грн	Час роботи, год	Потужність, кВт/год	Вартість, грн
Ін'єктор	0,5	7,2	7,38	-	-	-
Тумблер	1,5	4,5	13,84	-	-	-
Термокамера	2	15	61,50	3	15	92,25
Разом		26,7	82,72			92,25

Відрахування до єдиного соціального фонду нормуються чинним законодавством та становлять 41,2 % від розміру заробітної плати працівника за штатним окладом.

Амортизаційні витрати приймаємо у розмірі 18 % від основної виробничої собівартості. Адміністративні витрати приймаємо у розмірі 15 % від основної виробничої собівартості, витрати на впровадження нових видів продукції приймаємо у розмірі 4% від собівартості сировини, а обрахунок даного значення проводимо тільки для розроблюваного дослідного виду продукції. Отримані значення наводимо у табл. 4.20.

Виходячи з отриманих висновків, можна стверджувати, що впровадження удосконаленої технології не веде до зростання виробничої собівартості продуктів із м'яса курчат-бройлерів, оброблюваних за технологією Sous Vide. В той же час, продукти, що виробляються за удосконаленою технологією мають довші терміни зберігання, вищі органолептичні та функціонально-технологічні показники.

Таблиця 4.20 – Повна виробнича собівартість продукції

Стаття витрат	Витрати, тис. грн. /1 т продукції	
	Дослід	Контроль
Сировина і матеріали	100,05	103,37
Енерговитрати	0,083	0,092
Заробітна плата	0,750	0,750
Відрахування до єдиного соціального фонду	0,309	0,309
Амортизаційні витрати	18,01	18,61
Адміністративні витрати	15,0	15,51
Витрати на впровадження	4,0	0
Разом	138,20	138,64

Розрахунок економічного ефекту від впровадження у виробництво тефтелей проводимо аналогічно наведеному розрахунку для філе курчат-бройлерів, беручи за основу рецептури, представлені у розділі 4.2.

Таблиця 4.21 – Потреба у сировині для виробництва 1 т тефтелей.

Сировина	Рецептура 1		Рецептура 4	
	На 100 кг	На 1 т продукту	На 100 кг	На 1 т продукту
Філе курчат-бройлерів	50	466,42	50	526,87
Стартові культури <i>L. curvatus</i>	0,05	0,47	0,05	0,53
Суміш триполіфосфатів	0,4	3,73	0,4	4,21
Сіль кухонна	1,3	4,1	1,3	1,3
Трансглютаміназа	0,078	0,73	-	-
Вода питна	27,79	259,24	27,79	292,83
Рис	35	326,49	35	368,81
Суміш смако-ароматична «Аромат чікен»	0,5	4,66	0,5	5,27
Разом	115,12	1065,84	115,04	1199,82

Таблиця 4.22 – Розрахунок собівартості 1 т тефтелей

Сировина	Рецептура 1			Рецептура 4		
	Потреба	Ціна, грн	Вартість, тис.грн	На 1 т продукту	Ціна, грн	Вартість, тис.грн
Філе курчат-бройлерів	466,42	86	40,11	526,87	86	45,31
Стартові культури <i>Lactobacillus curvatus</i>	0,47	3650	1,72	0,53	3650	1,93
Суміш триполіфосфатів	3,73	315	1,17	4,21	315	1,33
Сіль кухонна	4,1	4,1	0,02	1,3	4,1	0,01
Трансглютаміназа	0,73	2720	1,99	-	2720	-
Вода питна	259,24	0,8	0,21	292,83	0,8	0,23
Рис	326,49	29	9,47	368,81	29	10,70
Суміш смако-ароматична «Аромат чікен»	4,66	280	1,30	5,27	280	1,48
Разом	1065,84		55,99	1199,82		60,98

Таблиця 4.23 – Розрахунок витрат енергоносіїв на виробництво тефтелей

Одиниця обладнання	Рецептура 1			Рецептура 4		
	Час роботи, год	Потужність, кВт/год	Вартість, грн	Час роботи, год	Потужність, кВт/год	Вартість, грн
Мішалка	0,5	4,5	4,61	0,5	4,5	4,61
Вовчок	0,2	27,5	11,28	0,2	27,5	11,28
Термокамера	3	15	92,25	2,5	15	76,88
Разом		47	108,14		47	92,76

Таблиця 4.24 – Повна виробнича собівартість тефтелей

Стаття витрат	Витрати, тис. грн. /1 т продукції	
	Рецептура 1	Рецептура 4
1	2	3
Сировина і матеріали	55,99	60,98
Енерговитрати	0,108	0,093

Продовження табл.4.24.

1	2	3
Заробітна плата	0,600	0,600
Відрахування до єдиного соціального фонду	0,247	0,247
Амортизаційні витрати	10,07	10,98
Адміністративні витрати	8,40	9,15
Витрати на впровадження	2,24	2,44
Разом	77,66	84,49

Повна виробнича собівартість оптимальної рецептури (рецептура 1) у порівнянні з рецептурою 4 (без вмісту трансглютамінази) є на 8,08 % меншою.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Встановлено позитивний вплив внесення культур інгібіуючої дії (стартових культур, що пригнічують ріст патогенної мікрофлори) на зміну функціонально-технологічних характеристик продуктів з м'яса курчат-бройлерів, оброблених за технологією "Sous Vide" із застосуванням ферментативної обробки трансглютаміназою.

2. Згідно отриманих коефіцієнтів та рівнянь регресії, внесення трансглютамінази є найбільш вагомим фактором у формуванні функціонально-технологічних та органолептичних характеристик готових продуктів та їх зміні протягом 14 діб зберігання за температури 4-6 °С.

3. Внесення трансглютамінази у кількості 0,0078 % від маси основної сировини при виробництві м'ясорослинних тефтелей з м'ясом курчат-бройлерів проявляє позитивний вплив на вихід готового продукту та зміну пластичності протягом 14 діб зберігання за температури 4-6 °С.

4. Досліджено вплив трансглютамінази та обробки за технологією "Sous Vide" на вологозв'язуючу, вологоутримуючу здатності та пластичність м'ясомістких продуктів, в результаті чого встановлено збільшення показника вологозв'язуючої здатності після 14 діб зберігання на 7,8 % та подовження термінів зберігання готових м'ясорослинних продуктів, зростання показника вологоутримуючої здатності на 11,4% та зниження пластичності на 8,6%.

5. Отримано рівняння для визначення пластичності та значень вологозв'язувальної здатності як цільном'язових продуктів із м'яса птиці, так і м'ясорослинних тефтелей протягом 14 діб зберігання. Отримані математичні моделі дозволяють прогнозувати значення досліджуваних показників для продуктів на основі філе курчат-бройлерів при умовах обробки за технологією "Sous vide" із застосуванням ферментного препарату трансглютамінази та стартових культур роду *Lactobacillus curvatus* в межах внесення препарату стартових культур до 0,003 % та межах внесення препарату трансглютамінази до 0,01 % від маси основної сировини. Доведено позитивний вплив застосування комбінованої обробки із застосуванням стартових культур роду

Lactobacillus curvatus та трансглютамінази, що проявляється у вигляді вищих розрахункових та дослідних значень кількості відділеної вологи та вологоутримуючої здатності після 7 та 14 діб зберігання термічно оброблених продуктів, а також у покращенні структури та органолептичних показників готових продуктів, що підтверджується органолептичною оцінкою та розрахунками згідно розроблених моделей.

6. Проведено апробацію результатів досліджень в умовах промислового виробництва, внаслідок чого розроблено нормативну документацію та удосконалену схему виробництва продуктів із м'яса птиці за технологією «Sous Vide». Удосконалена технологічна схема виробництва продуктів із м'яса птиці за технологією «Sous Vide» додатково включає в себе ін'єктування м'ясної сировини розсолем у кількості 20 % від маси основної м'ясної сировини (філе курчат-бройлерів), витримування сировини у посолі та масування протягом 2 год, а також модифікований режим термічної обробки за температури 63-64 °C з циклом прогріву для активації препарату стартових культур. Удосконалена технологічна схема виробництва м'ясомістких тефтелей додатково передбачає внесення розсолу, що містить у своїй рецептурі суміш триполіфосфатів, препарат стартових культур *Lactobacillus curvatus* та препарат трансглютамінази. Удосконалена технологія дозволяє зменшити час підготовки рослинної сировини (рису), зменшуючи час його бланшування за рахунок впливу ферментативної обробки на комбіновану м'ясомістку фаршеву систему.

7. Проведено розрахунок економічного ефекту від потенційного впровадження удосконаленої технології у виробництво, що доводить практичну цінність отриманих результатів для умов промисловості. Виходячи з отриманих висновків, можна стверджувати, що впровадження удосконаленої технології не веде до зростання виробничої собівартості продуктів із м'яса курчат-бройлерів, оброблюваних за технологією Sous Vide. В той же час, продукти, що виробляються за удосконаленою технологією мають довші терміни зберігання, вищі органолептичні та функціонально-технологічні показники. Розраховано економічний ефект від впровадження у виробництво вдосконаленої технології

Sous Vide, внаслідок чого встановлено зниження повної виробничої собівартості виробів із філе курчат-бройлерів на 0,3%, а для тефтелей м'ясо-рослинних – зниження повної собівартості на 8,08 % для оптимальної рецептури у порівнянні з рецептурою без внесення ферментного препарату.

Результати, представлені у розділі, опубліковано у працях

1. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Вплив режимів термічної обробки на характеристики продуктів із м'яса птиці з використанням цільової ферментації. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 3. (5) – С. 40-44.

2. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Оптимізація процесу термічної обробки м'яса птиці за технологією Sous Vide із застосуванням фосфатної суміші. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ "ХПІ". 2020. 2(4). С. 96-102.

3. Garmash Dmytro; Pasichnyi Vasyl. Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meat-based products technology. Ukrainian journal of food science, 2017, 5, Iss. 2: 231-238.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналізу літературних джерел та узагальнення огляду ринку представлених в Україні дозволив підібрати ферментні препарати, які можуть бути використані у м'ясопереробній промисловості. Враховуючи наявні дослідження впливу трансглютамінази на м'ясопродукти, даний вид ферментів обрано для обробки м'яса курчат бройлерів з подальшою термообробкою за технологією "Sous vide".

2. Визначено перелік функціональних інгредієнтів, за допомогою яких можна удосконалити технологію виробництва продуктів із м'яса птиці за технологією "Sous Vide" із застосуванням цільової ферментації. Оптимальними інгредієнтами обрано суміш трипліфосфатів та стартові культури інгібуючої дії, що дало підвищити вихід готового продукту на 11,96% та зменшити зниження показника вологозв'язувальної здатності в процесі зберігання готових продуктів із м'яса птиці та м'ясорослинних тефтелей протягом 7 та 14 діб.

3. В процесі дослідження впливу технології "Sous vide" на продукти встановлено збільшення значень вологозв'язувальної, вологоутримуючої та жирутримуючої здатностей, а також покращення їх органолептичних показників, при використанні суміші триполіфосфатів, культур інгібуючої дії спільно з ферментацією трансглютаміназою у кількості 0,0078 % до маси основної сировини. Встановлено позитивний вплив даного виду обробки на органолептичні, фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники продуктів із яловичини, м'яса курчат-бройлерів та свинини.

4. Шляхом оптимізаційного моделювання та дослідження впливу режимів термічної обробки, отримано математичні залежності значень функціонально-технологічних характеристик готових виробів від кількості внесених культур та ферментного препарату. Оптимальним режимом визнано обробку протягом 120 хв за температури 64°C при застосуванні ферментації трансглютаміназою, шляхом інектуванням розсолу у кількості 20%, з концентрацією 0,06 % ферментного препарату.

5. Досліджено вплив ферментативної обробки трансглютаміназою в кількості 0,0078% та комплексом триполіфосфатів у кількості 0,05 % на функціонально-технологічні характеристики продуктів комбінованого м'ясорослинного складу, оброблені за технологією "Sous vide". Встановлено збільшення виходу тефтелей, що містили у своїй рецептурі м'ясо курчат-бройлерів та рис бланшований, на 8,01 %, а також вищі функціонально-технологічних показників готових виробів після 14 діб зберігання.

6. Розроблено математичні моделі та отримано емпіричні рівняння для визначення функціонально-технологічних показників – вологозв'язуючої здатності, пластичності та вологоутримуючої здатності для продуктів із філе курчат-бройлерів та тефтелей м'ясорослинних, оброблених за технологією Sous Vide в термінах зберігання до 14 діб.

7. Доведено ефект синергетичної взаємодії обробки ферментним препаратом трансглютамінази та стартовими культурами захисної дії *Lactobacillus curvatus*, що позитивно впливає на стабільність функціонально-технологічних показників готових м'ясопродуктів, оброблених за технологією Sous Vide протягом термінів зберігання.

8. Проведено апробацію одержаних результатів в промислових умовах та розроблено нормативну документацію: зміни в ТУ У 15.1-19492247-021-2004 та ТУ У № 10.1-40106387-004:2018. Апробацію результатів проведено на базі підприємств ТОВ «Фудком», ТОВ «Бабушкин сад», ТОВ «Забіяка».

9. Розраховано економічний ефект від впровадження у виробництво вдосконаленої технології Sous Vide, який підтверджує зниження повної виробничої собівартості виробів із філе курчат-бройлерів на 0,3%, а для тефтелей м'ясо-рослинних на 8,08 % у порівнянні з рецептурами без внесення ферментного препарату.

Список літературних джерел

1. Ishchuk, S. Сучасний стан і ключові тенденції заготівлі та промислового виробництва м'яса у регіонах України. *Economic journal of Lesia Ukrainka Eastern European National University*, 1(21), 2020, 155-164.
2. Dong, K., Samarasinghe, Y. A. H., Hua, W., Kocherry, L., & Xu, J. Recombinant enzymes in the meat industry and the regulations of recombinant enzymes in food processing. *Microbial Enzyme Technology in Food Applications*, 2017, p. 363.
3. Padmapriya, B., Rajeswari, T., Noushida, E., Sethupalan, D. G., & Venil, C. K. Production of lipase enzyme from *Lactobacillus* spp. and its application in the degradation of meat. *World applied sciences journal*, 12(10), 2011, 1798-1802.
4. Toldrá, F. The Storage and Preservation of Meat: III—Meat Processing. In *Lawrie's Meat Science* (pp. 265-296), Woodhead Publishing, 2017
5. Kumar, P., Chatli, M. K., Verma, A. K., Mehta, N., Malav, O. P., Kumar, D., & Sharma, N. Quality, functionality, and shelf life of fermented meat and meat products: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(13), 2017, 2844-2856.
6. Singh, P. K., Shrivastava, N., & Ojha, B. K. Enzymes in the meat industry. In *Enzymes in Food Biotechnology* (pp. 111-128), 2019, Academic Press.
7. Fernández-Lucas, J., Castañeda, D., & Hormigo, D. New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 2017, 91-101.
8. Sharma, S., & Vaidya, D. Application of kiwifruit protease enzyme for tenderization of spent hen chicken. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2018, 581-584.
9. Aspevik, T., Oterhals, Å., Rønning, S. B., Altintzoglou, T., Wubshet, S. G., Gildberg, A., & Lindberg, D. Valorization of proteins from co- and by-products from the fish and meat industry. In *Chemistry and Chemical Technologies in Waste Valorization* (pp. 123-150) Springer, Cham, 2017.

10. Winarti, A., Rahmawati, F., Fitriyanto, N. A., Jamhari, J., & Erwanto, Y. Hydrolyzation of duck meat protein using *Bacillus cereus* TD5B protease, pepsin, trypsin and their potency as an angiotensin converting enzyme inhibitor. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(3) , 2019, 266-276.
11. Rastogi, H., & Bhatia, S. Future perspectives for enzyme technologies in the food industry. In *Enzymes in food biotechnology* (pp. 845-860), Academic Press, 2019.
12. Scanlon, M. G., Henrich, A. W., & Whitaker, J. R. Factors affecting enzyme activity in food processing. In *Proteins in Food Processing* (pp. 337-365), Woodhead Publishing, 2018.
13. Husain, Q. Nanocarriers immobilized proteases and their industrial applications: an overview. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 18(1) , 2018, 486-499.
14. Sun, Q., Zhang, B., Yan, Q. J., & Jiang, Z. Q. Comparative analysis on the distribution of protease activities among fruits and vegetable resources. *Food chemistry*, 213, 2016, 708-713.
15. Arshad, M. S., Kwon, J. H., Imran, M., Sohaib, M., Aslam, A., Nawaz, I., ... & Javed, M. (2016). Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization, a mini review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 2019, 261-780.
16. Zhao, C., Zhao, X., Lu, Z., Huang, J., He, S., Tan, H., & Liu, D. Production of fermented pork jerky using *Lactobacillus bulgaricus*. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 2016, 377-382.
17. Dhital, S., & Vangnai, K. Meat tenderisation effect of protease from mango peel crude extract. *International Food Research Journal*, 26(3), 2019, 991-998.
18. Singh, A., Negi, M. S., Dubey, A., Kumar, V., & Verma, A. K. Methods of Enzyme Immobilization and Its Applications in Food Industry. In *Enzymes in Food Technology* (pp. 103-124), Springer, Singapore 2018.
19. Tantamacharik, T., Carne, A., Agyei, D., Birch, J., & Bekhit, A. E. D. A. Use of Plant Proteolytic Enzymes for Meat Processing. In *Biotechnological*

Applications of Plant Proteolytic Enzymes (pp. 43-67), Springer, Cham, 2018, Springer, Cham.

20. Lafarga, T., & Hayes, M. Bioactive protein hydrolysates in the functional food ingredient industry: Overcoming current challenges. *Food Reviews International*, 33(3), 2017, 217-246.

21. Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. D. A. Applied and emerging methods for meat tenderization: A comparative perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 2018, p.841-859.

22. Bhaskar, K., Abraham, R. J., Rao, V. A., Babu, R. N., & Pandian, A. S. S. Functional Properties of Spent Hen Meat Injected with Ultra Refined Papain Powder. *Journal of Meat Science and Technology*, 5(1), 2017, 16-19.

23. Mohan, R., Sivakumar, V., Rangasamy, T., & Muralidharan, C. Optimisation of bromelain enzyme extraction from pineapple (*Ananas comosus*) and application in process industry. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 12(3), 2016, p. 188-195.

24. Zhang, B., Sun, Q., Liu, H. J., Li, S. Z., & Jiang, Z. Q. Characterization of actinidin from Chinese kiwifruit cultivars and its applications in meat tenderization and production of angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides. *LWT*, 2017, p. 78, 1-7.

25. Sorapukdee, S., Sumpavapol, P., Benjakul, S., & Tangwatcharin, P. Collagenolytic proteases from *Bacillus subtilis* B13 and *B. siamensis* S6 and their specificity toward collagen with low hydrolysis of myofibrils. *LWT*, 2020, 109307.

26. Manea, I., Manea, L., & Marinescu, V. Study Concerning The Proteolytic Activity Of Vegetable Enzymes On Cured Meat Quality. Iuliana Manea, Laur Manea, Valeri Marinescu//*Annals. Food Science and Technology*, 2016, 421-425.

27. Ayyash, M., Olaimat, A., Al-Nabulsi, A., & Liu, S. Q. Bioactive properties of novel probiotic *Lactococcus lactis* fermented camel sausages: cytotoxicity, angiotensin converting enzyme inhibition, antioxidant capacity, and antidiabetic activity. *Food Science of Animal Resources*, 40(2), 2020, 155

28. Saeed, M., ur Rahman, S., Shabbir, M. A., Khan, N., & Shakeel A. Extraction and utilization of papaya extract as meat tenderizer and antimicrobial activity against *Salmonella typhimurium*. *Pak. J. Agri. Sci*, 54(1), 2017, 153-159.
29. Nor, M. M., Ismail, L., Azmin, S. N. H. M., & Halim, I. H. A. Evaluation of tendering effect from date seed extract (*P. dactalytera*) in knuckle part meat. *J. Trop. Resour. Sustain. Sci*, 6, 2018, 23-26.
30. Karyotis, D., Skandamis, P. N., & Juneja, V. K. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in sous-vide processed marinated chicken breast. *Food Research International*, 100, 2017, 894-898.
31. Botinestean, C., Keenan, D. F., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of *M. semitendinosus* steaks targeted at elderly consumers. *LWT*, 74, 2016, 154-159
32. Valenzuela-Melendres, M., Pena-Ramos, E. A., Juneja, V. K., Camou, J. P., & Cumplido-Barbeitia, G. Effect of Grapefruit Seed Extract on Thermal Inactivation of *Listeria monocytogenes* during Sous-Vide Processing of Two Marinated Mexican Meat Entrées. *Journal of food protection*, 79(7), 2016, 1174-1180.
33. Haskaraca, G., Juneja, V. K., Mukhopadhyay, S., & Kolsarici, N. The effects of grapefruit seed extract on the thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in sous-vide processed döner kebabs. *Food control*, 95, 2019, 71-76.
34. Llave, Y., Shibata-Ishiwatari, N., Watanabe, M., Fukuoka, M., Hamada-Sato, N., & Sakai, N. Analysis of the effects of thermal protein denaturation on the quality attributes of sous-vide cooked tuna. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), 2018, 13347.
35. Modzelewska-Kapituła, M., Pietrzak-Fiećko, R., Tkacz, K., Draszanowska, A., & Więk, A. Influence of sous vide and steam cooking on mineral contents, fatty acid composition and tenderness of semimembranosus muscle from Holstein-Friesian bulls. *Meat science*, 157, 2019, 107877.

36. Gómez, I., Ibañez, F. C., & Beriain, M. J. Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 2019, 1693-1708.
37. Tangwatcharin, P., Sorapukdee, S., & Kongsrirat, K. Sous-vided Restructured Goat Steaks: Process Optimized by Thermal Inactivation of *Listeria monocytogenes* and Their Quality Characteristics. *Food Science of Animal Resources*, 39(6), 2019, 863-876.
38. Fofanova, T. S. Sous vide technology—several aspects of quality and microbiological safety. *Theory and practice of meat processing*, 3(1), 2018, 59-68.
39. Hwang, S. I., Lee, E. J., & Hong, G. P. Effects of temperature and time on the cookery properties of sous-vide processed pork loin. *Food Science of Animal Resources*, 39(1), 2019, 65.
40. Silva, F. A., Ferreira, V. C., Madruga, M. S., & Estévez, M. Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken. *Journal of food science and technology*, 53(8), 2016, 3137-3146.
41. Ismail, I., Hwang, Y. H., Bakhsh, A., & Joo, S. T. The alternative approach of low temperature-long time cooking on bovine semitendinosus meat quality. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(2), 2019, 282.
42. Ayub, H., & Ahmad, A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. *International journal of gastronomy and food science*, 2019, 100145.
43. Zhang, Y., He, S., & Simpson, B. K. Enzymes in food bioprocessing—novel food enzymes, applications, and related techniques. *Current opinion in food science*, 19, 2018, 30-35.
44. Ismail, I., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. Effect of different temperature and time combinations on quality characteristics of sous-vide cooked goat gluteus medius and biceps femoris. *Food and Bioprocess Technology*, 12(6), 2019, 1000-1009.

45. Jeong, K., Hyeonbin, O., Shin, S. Y., & Kim, Y. S. Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat science*, 143, 2018, 1-7.
46. Ismail, I., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. Comparison of Single and Double Combination of Temperature-time in Sous Vide Treated Semitendinosus Muscle from Cattle and Goat. *Food Science of Animal Resources*, 39(1), 2019, 45.
47. Fayemi, P. O., & Muchenje, V. Characterization of surface orientation and tenderness of sous vide processed edible offal and psoas muscle from Dohne Merino sheep. *South African Journal of Animal Science*, 49(2), 2019, 332-344.
48. Zhu, X., Kaur, L., Staincliffe, M., & Boland, M. Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: Effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility. *Meat science*, 145, 2018, 256-265.
49. Latoch, A., & Libera, J. Quality and Safety of Pork Steak Marinated in Fermented Dairy Products and Sous-Vide Cooked. *Sustainability*, 11(20), 2019, 5644.
50. Lafarga, T., Viñas, I., Bobo, G., Simó, J., & Aguiló-Aguayo, I. Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus Brassica. *Innovative food science & emerging technologies*, 47, 2018, 412-420.
51. Jongberg, S., Lund, M. N., & Skibsted, L. H. Protein oxidation in meat and meat products. Challenges for antioxidative protection. In *Global food security and wellness* (pp. 315-337), Springer, New York, NY., 2017
52. Shabbir, M. A., Raza, A., Anjum, F. M., Khan, M. R., & Suleria, H. A. R. Effect of thermal treatment on meat proteins with special reference to heterocyclic aromatic amines (HAAs). *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(1), 2015, 82-93.
53. Huang, Y., Wang, Y., Wu, Z., & Li, F. Combined effects of high-pressure and thermal treatments on lipid oxidation and enzymes in pork. *Food science and biotechnology*, 25(1), 2016, 261-266.

54. Song, S., Tang, Q., Fan, L., Xu, X., Song, Z., Hayat, K., & Wang, Y. Identification of pork flavour precursors from enzyme-treated lard using Maillard model system assessed by GC–MS and partial least squares regression. *Meat science*, 124, 2017, 15-24.
55. Xiong, Q., Zhang, M., Wang, T., Wang, D., Sun, C., Bian, H., & Xu, W. Lipid oxidation induced by heating in chicken meat and the relationship with oxidants and antioxidant enzymes activities. *Poultry Science*, 99(3), 2020, 1761-1767.
56. Anzani, C., Prandi, B., Tedeschi, T., Baldinelli, C., Sorlini, G., Wierenga, P. A., & Sforza, S. Degradation of collagen increases nitrogen solubilisation during enzymatic hydrolysis of fleshing meat. *Waste and Biomass Valorization*, 9(7), 2018, 1113-1119.
57. Ojha, K. S., Kerry, J. P., Duffy, G., Beresford, T., & Tiwari, B. K. Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44(1), 2015, 105-116.
58. Bartkiene, E., Juodeikiene, G., Zadeike, D., Viskelis, P., & Urbonaviciene, D. The use of tomato powder fermented with *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus sakei* for the ready-to-cook minced meat quality improvement. *Food technology and biotechnology*, 53(2), 2015, 163-170.
59. Meng, Q., Kitagawa, R., Imamura, M., Katayama, H., Obata, A., & Sugawara, E. Contribution of 2-methyl-3-furanthiol to the cooked meat-like aroma of fermented soy sauce. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 81(1), 2017, 168-172.
60. Pleadin, J., & Bogdanović, T. Chemical hazards in fermented meats. In *Fermented Meat Products: Health Aspects*. CRC Press Taylor and Francis Group LLC, 2016
61. Favaro, L., & Todorov, S. D. Bacteriocinogenic LAB strains for fermented meat preservation: Perspectives, challenges, and limitations. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 9(4), 2017, 444-458.

62. Terjung, N., Holzwarth, S., Loeffler, M., Gibis, M., Herrmann, K., Hinrichs, J., & Weiss, J. Antimicrobial efficacy of a spice ferment in emulsion type sausages and restructured ham. *Food control*, 59, 2016, 139-147.
63. Tavano, O. L., Berenguer-Murcia, A., Secundo, F., & Fernandez-Lafuente, R. Biotechnological applications of proteases in food technology. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(2), 2018, 412-436.
64. Souza, P. M., Aliakbarian, B., Ferreira Filho, E. X., Magalhães, P. O., Junior, A. P., Converti, A., & Perego, P. Kinetic and thermodynamic studies of a novel acid protease from *Aspergillus foetidus*. *International journal of biological macromolecules*, 81, 2015, 17-21.
65. Nadzirah, K. Z., Zainal, S., Noriham, A., & Normah, I. Application of bromelain powder produced from pineapple crowns in tenderising beef round cuts. *International Food Research Journal*, 23(4), 2016
66. Rios-Mera, J. D., da Silva Pinto, J. S., & Contreras-Castillo, C. J. Effect of ultimate pH and ageing on thermal denaturation of bovine muscle proteins. *Meat science*, 131, 2017, 25-27.
67. Soladoye, O. P., Juárez, M. L., Aalhus, J. L., Shand, P., & Estévez, M. Protein oxidation in processed meat: Mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(2), 2015, 106-122.
68. Maqsood, S., Manheem, K., Gani, A., & Abushelaibi, A. Degradation of myofibrillar, sarcoplasmic and connective tissue proteins by plant proteolytic enzymes and their impact on camel meat tenderness. *Journal of food science and technology*, 55(9), 2018, 3427-3438.
69. Bae, S. M., Cho, M. G., & Jeong, J. Y. Effects of various calcium powders as replacers for synthetic phosphate on the quality properties of ground pork meat products. *Korean journal for food science of animal resources*, 37(3), 2017, 456.

70. Glorieux, S., Goemaere, O., Steen, L., & Fraeye, I. Phosphate reduction in emulsified meat products: Impact of phosphate type and dosage on quality characteristics. *Food technology and biotechnology*, 55(3), 2017, 390-397.
71. Chmiel, M., Dasiewicz, Krzysztof., & Slowinski, M. (2015). Effect of types of phosphate preparations used on the quality of emulsion-type sausages. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 22(5), 2015
72. Walz, F. H., Gibis, M., Schrey, P., Herrmann, K., Reichert, C. L., Hinrichs, J., & Weiss, J. Inhibitory effect of phosphates on magnesium lactate efflorescence formation in dry-fermented sausages. *Food Research International*, 100, 2017, 352-360.
73. Berardo, A., De Maere, H., Stavropoulou, D. A., Rysman, T., Leroy, F., & De Smet, S. Effect of sodium ascorbate and sodium nitrite on protein and lipid oxidation in dry fermented sausages. *Meat science*, 121, 2016, 359-364.
74. Hilbig, J., Murugesan, V., Gibis, M., Herrmann, K., & Weiss, J. Surface treatment with condensed phosphates reduced efflorescence formation on dry fermented sausages with alginate casings. *Journal of Food Engineering*, 262, 2019, 189-199.
75. Balestra, F., & Petracci, M. Technofunctional Ingredients for Meat Products: Current Challenges. In *Sustainable meat production and processing* (pp. 45-68), Academic Press, 2019
76. Tilkens, B. L., King, A. M., Glass, K. A., & Sindelar, J. J. Validating the inhibition of *Staphylococcus aureus* in shelf-stable, ready-to-eat snack sausages with varying combinations of pH and water activity. *Journal of food protection*, 78(6), 2015, 1215-1220.
77. Thangavelu, K. P., Kerry, J. P., Tiwari, B., & McDonnell, C. K. Systematic review of novel processing technologies and ingredients for the reduction of phosphate additives in processed meat. *Trends in Food Science & Technology*, 2019
78. Wachirasiri, K., Wanlapa, S., Uttapap, D., & Rungsardthong, V. Use of amino acids as a phosphate alternative and their effects on quality of frozen white

shrimps (*Penaeus vanamei*). *LWT-Food Science and Technology*, 69, 2016, 303-311.

79. Baugreet, S., Kerry, J. P., Allen, P., Gallagher, E., & Hamill, R. M. Physicochemical Characteristics of Protein-Enriched Restructured Beef Steaks with Phosphates, Transglutaminase, and Elasticised Package Forming. *Journal of Food Quality*, 2018.

80. LONG, NH Bach Son; GÁL, Robert; BUŇKA, František. Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10.86: 19874-19882.

81. Long, N. H. B. S. The effects of selected phosphate salts and hydrocolloids on the textural properties of meat products (Doctoral dissertation, Ph. D thesis, Tomas Bata University, Zlin, Czech Republic , 2012

82. Câmara, A. K. F. I., Vidal, V. A. S., Santos, M., Bernardinelli, O. D., Sabadini, E., & Pollonio, M. A. R. Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. *Meat Science*, 163, 2020, 108085.

83. Gorsuch, V., & Alvarado, C. Z. Postrigor tumble marination strategies for improving color and water-holding capacity in normal and pale broiler breast fillets. *Poultry science*, 89(5) , 2010, 1002-1008.

84. Singh, A., Korasapati, N. R., Juneja, V. K., & Thippareddi, H. Effect of phosphate and meat (pork) types on the germination and outgrowth of *Clostridium perfringens* spores during abusive chilling. *Journal of food protection*, 73(5), 2010, 879-887.

85. Roldán, M., Antequera, T., Pérez-Palacios, T., & Ruiz, J. Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins. *Meat Science*, 97(1), 2014, 69-75.

86. Gadekar, Y. P., Sharma, B. D., Shinde, A. K., & Mendiratta, S. K. Effect of different phosphates on quality of goat meat and restructured goat meat product. *Agricultural Research*, 3(4), 2014, 370-376.

87. Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in food science & technology*, 33(1), 2013, 27-39.
88. Shen, Q. W., & Swartz, D. R. Influence of salt and pyrophosphate on bovine fast and slow myosin S1 dissociation from actin. *Meat science*, 84(3), 2010, 364-370.
89. England, E. M., Matarneh, S. K., Scheffler, T. L., Wachet, C., & Gerrard, D. E. pH inactivation of phosphofructokinase arrests postmortem glycolysis. *Meat science*, 98(4), 2014, 850-857.
90. Long, N., Gál, R., & Buňka, F. The effect of selected phosphate salts on the textural properties of deboned poultry meat batters. *Advances in Environment, Biotechnology and Biomedicine*, 2016, 219-223.
91. Hurtado, S., Dagà, I., Espigulé, E., Parés, D., Saguer, E., Toldrà, M., & Carretero, C. Use of porcine blood plasma in “phosphate-free frankfurters”. *Procedia Food Science*, 1, 2011, 477-482.
92. Мусієнко, І. В., & Гащук, О. І. Використання гідроколоїдів у складі багатокomпонентних розсолів. *Таврійський науковий вісник*, № 56, 2008, С. 146-151.
93. Ponrajan, A., Harrison, M. A., Pringle, T. D., Segers, J. R., Lowe, B. K., McKeith, R. O., & Stelzleni, A. M. Effect of sodium citrate plus sodium diacetate or buffered vinegar on quality attributes of enhanced beef top sirloins. *Meat science*, 91(1), 2012, 43-49.
94. Yi, G., Grabež, V., Bjelanovic, M., Slinde, E., Olsen, K., Langsrud, O., ...& Egelanddal, B. Lipid oxidation in minced beef meat with added Krebs cycle substrates to stabilise colour. *Food chemistry*, 187, 2015, 563-571.
95. Онищенко, В. М., Гринченко, Н. Г., & Большакова, В. А. Удосконалення технології зберігання замороженого м'яса птиці. *Восточно-Европейський журнал передових технологій*, 6 (10), 2015, 37-41.
96. Mastromatteo, M., Incoronato, A. L., Conte, A., & Del Nobile, M. A. Shelf life of reduced pork back-fat content sausages as affected by antimicrobial

compounds and modified atmosphere packaging. *International journal of food microbiology*, 150(1), 2011, 1-7.

97. dos Santos, B. A., Campagnol, P. C. B., Morgano, M. A., & Pollonio, M. A. R. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. *Meat Science*, 96(1), 2014, 509-513.

98. Tian, X. Y., Aheto, J. H., Dai, C., Ren, Y., & Bai, J. W. Monitoring microstructural changes and moisture distribution of dry-cured pork—A combined confocal laser scanning microscopy and hyperspectral imaging study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020,

99. Zinina, O., Merenkova, S., Tazeddinova, D., Rebezov, M., Stuart, M., Okuskhanova, E., & Baryshnikova, N. Enrichment of meat products with dietary fibers: a review. *Agronomy Research*, 17(4), 2019, 1808-22.

100. Sengupta, B., Chaudhury, A., Das, N., & Sen, P. Single Molecular Level Probing of Structure and Dynamics of Papain Under Denaturation. *Protein and peptide letters*, 24(11), 2017, 1073-1081.

101. Wang, Y., Zhang, W., Yuan, J., & Shen, J. Differences in cytocompatibility between collagen, gelatin and keratin. *Materials Science and Engineering: C*, 59, 2016, 30-34.

102. Stringer, S. C., & Metris, A. Predicting bacterial behaviour in sous vide food. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 13, 2018, 117-128.

103. ElQuliti, S. A., & Elalem, A. G. Feasibility Study for Establishing a Restaurant in Jeddah. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 40(1), 2018, 143-167.

104. Kim, Y. A., Van Ba, H., & Hwang, I. Effects of traditional sauce type and storage time on quality characteristics, shelf-life and flavor compounds of marinated pork cooked by sous vide method. *Food science of animal resources*, 39(3), 2019, 355.

105. Shen, H., Zhao, M., & Sun, W. Effect of pH on the interaction of porcine myofibrillar proteins with pyrazine compounds. *Food chemistry*, 287, 2019, 93-99.

106. Moon, H., Kim, N. H., Kim, S. H., Kim, Y., Ryu, J. H., & Rhee, M. S. Teriyaki sauce with carvacrol or thymol effectively controls *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, and indigenous flora in marinated beef and marinade. *Meat science*, 129, 2017, 147-152.

107. Prandi, B., Varani, M., Faccini, A., Lambertini, F., Suman, M., Leporati, A., ... & Sforza, S. Species specific marker peptides for meat authenticity assessment: A multispecies quantitative approach applied to Bolognese sauce. *Food Control*, 97, 2019, 15-24.

108. Хорунжа, Т., & Пасічний, В. Дослідження впливу пастеризації на органолептичні та фізико-хімічні характеристики сосисок. In *The 12 th International scientific and practical conference «Impact of modernity on science and practice»*(13-14 April, 2020). Edmonton, Canada, 2020, 678 p. (p. 80).

109. Тищенко, В. І., Божко, Н. В., & Пасічний, В. М. Рибний фарш як сировина для виробництва полікомпонентних продуктів харчування. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, (179), 2016, 100-107.

110. Пасічний, В. М., Камлай, І. С., & Чебаненко, Х. В. Дослідження впливу комплексу β -циклодекстрину з йодом у технології приготування м'ясних напівфабрикатів. In *The 19 th International scientific and practical conference «SCIENTIFIC BASES OF SOLVING OF THE MODERN TASKS»*(1-2 June, 2020). Frankfurt am Main, Germany, 2020, 416 p. (p. 286).

111. Баль-Прилипко, Л. В., Дерев'янку, Л. П., Слободянюк, Н. М., & Леонова, Б. І. Розробка технологій виробництва м'ясо-рослинних консервів для харчування людей, які проживають на радіоактивно забруднених територіях. Рекомендовано до друку Вченою радою факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол 8 від 16.04. 2019 року), 2020, p. 105.

112. Biswas, S., Banerjee, R., Bhattacharyya, D., Patra, G., Das, A. K., & Das, S. K. Technological investigation into duck meat and its products-a potential alternative to chicken. *World's Poultry Science Journal*, 75(4) , 2019, 609-620.

113. Cheng, S., Wang, X., Yang, H., Lin, R., Wang, H., & Tan, M. Characterization of moisture migration of beef during refrigeration storage by low-field NMR and its relationship to beef quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2020, 1940-1948.

114. Kim, T. K., Lee, M. H., Yong, H. I., Jang, H. W., Jung, S., & Choi, Y. S. Impacts of fat types and myofibrillar protein on the rheological properties and thermal stability of meat emulsion systems. *Food Chemistry*, 2020, 128930.

115. Mohammadi, M., & Valizadeh-Kakhki, F. Polycyclic aromatic hydrocarbons determination in grilled beef and chicken. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 38(5), 2018, 434-444.

116. Harahap, N. A., & Satyantini, W. H. Effect of enzyme papain against natural flavor of raw meat waste laundering surimi. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 441, No. 1, p. 012154). IOP Publishing, 2020

117. Selamassakul, O., Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., Yang, L., & Maier, C. S. Bioactive peptides from brown rice protein hydrolyzed by bromelain: Relationship between biofunctional activities and flavor characteristics. *Journal of food science*, 85(3), 2020, 707-717.

118. Гармаш, Д. В., & Пасічний, В. М. Оптимізація процесу термічної обробки м'яса птиці за технологією *sous vide* із застосуванням фосфатної суміші. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2(4), 2020, С. 96-102.

119. Garmash, D., & Pasichnyi, V. Вплив застосування технології *sous vide* на функціонально-технологічні характеристики продуктів на основі різних видів м'ясної сировини. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (1), 2019, 67-74.

120. Пасічний, В. М., Гармаш, Д. В., Лободіна, Н. Е., & Кривобік, Р. А. Дослідження органолептичних показників при довготривалому дозріванні м'яса яловичини. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Т. 25, № 2, 2019, С. 217–224

121. Пасічний, В. М., Гармаш, Д. В., Рамік, О. С. & Кохан, Б. А. Вплив застосування технології *Sous Vide* на різні види м'яса птиці. Харчова промисловість, № 24, 2018, с. 70-76.

122. Garmash, D., & Pasichnyi, V. Вплив режимів термічної обробки на характеристики продуктів із м'яса птиці з використанням цільової ферментації. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, 3 (5) , 2020, 40-44.

123. Garmash Dmytro & Pasichnyi Vasyl. Application of Hydrocolloids Injection in Processing of Different Types of Meat Raw Materials by *Sous Vide* Technology Proceedings of university of Ruse. Volume 58, book 10.2, , 2019

124. Кохан, Б. А., Пасічний, В. М., Гармаш, Д. В., & М. А. Жукова, М. А. Удосконалення технології «*Sous Vide*» для продуктів з м'яса птиці. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 85 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій, 2019, Ч. 1. С. 358.

125. Рамік, О. С. Гармаш, Д. В. & Кохан, Б. А. Використання ферментних препаратів в технології «*Sous-vide*» для м'яса птиці. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 84-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня, 2018, Ч. 1. С. 330.

126. Garmash, Dmytro; Pasichnyi, Vasyl. Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meat-based products technology. Ukrainian journal of food science, 5, Iss. 2, 2017, 231-238.

Перелік публікацій здобувача за тематикою дисертаційної роботи

1. Гамаш Д. В., Пасічний В. М. Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meat-based products technology. Ukrainian journal of food science, 2017, 5, Iss. 2: 231-238.

2. Гамаш Д. В., Пасічний В. М. Вплив застосування технології sous vide на функціонально-технологічні характеристики продуктів на основі різних видів м'ясної сировини. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях, 2019, № 1: 67-74.

3. Пасічний В.М., Гамаш Д. В., Рамік О. С., Кохан, Б.А. Вплив застосування технології Sous Vide на різні види м'яса птиці. Харчова промисловість, 2018, 24: 70-76.

4. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Оптимізація процесу термічної обробки м'яса птиці за технологією Sous Vide із застосуванням фосфатної суміші. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, 2020, 2(4): 96-102.

5. Гармаш Д. В., Пасічний В. М. Вплив режимів термічної обробки на характеристики продуктів із м'яса птиці з використанням цільової ферментації. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях, 2020, № 3 (5): 40-44.

6. Пасічний В. М., Гармаш Д. В., Лободіна Н. Е., Кривобік Р. А. Дослідження органолептичних показників при довготривалому дозріванні м'яса яловичини. Наукові праці Національного університету харчових технологій, 2019, Т. 25, № 2: 217–224

7. Гармаш Д. В., Пасічний В.М. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Proceedings of university of Ruse, 2019, 58, book 10.2: 123-128.

8. Гармаш Д. В., Пасічний В.М., Кохан Б.А., Жукова М.А. Удосконалення технології «Sous Vide» для продуктів з м'яса птиці. Наукові здобутки молоді –

вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 85 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій, 11-12 квітня 2019 р, 2019, Ч. 1 : 358.

9. Гармаш Д. В., Кохан Б.А. Використання ферментних препаратів в технології «Sous-vide» для м'яса птиці. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 84-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня, 2018р, 2018, Ч. 1: 330.

10. Гармаш Д. В., Пасічний В.М. Application of hydrocolloids injection in processing of different types of meat raw materials by sous vide technology. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019 : 437.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень [1-7], підготовка матеріалів до публікації [1-7, 10], обговорення та аналіз результатів [1-10], узагальнення отриманих результатів [3-10].

Додаток Б

ДКПП 10.13.14

УКНД 67.120.10

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖУЮ

Міністерство охорони здоров'я України

Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи



Директор
ТОВ «ІНТЕРСТАБ»

Давидова Л.С.

№

від . .2018 р.

01.11 2018 р.

**ПРОДУКТИ ЗІ СВИНИНИ, ЯЛОВИЧИНИ
ТА М'ЯСА ПТИЦІ ВАРЕНІ СУ-ВІД**

ТУ У 10.1-40106387-004:2018

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

(Вперше)

Дата надання чинності “ ” 20 р.

Чинні до “ ” 20 р.

РОЗРОБЛЕНО

Головний технолог
ТОВ «ІНТЕРСТАБ»

Рудик Л.М.


Технолог

Гармаш Д.В.

Додаток В

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор виробництва
ТОВ «Бабушкін Сад»


Карпюк Є.В.
« 14 » 2018 р.

АКТ

Виробництва дослідно-промислової партії продукції

Ми, що нижче підписались, в.о головного технолога ТОВ «Бабушкін Сад» Кондратенко В.А., шеф-повар ТОВ «Бабушкін Сад» Денисенко О.М., д.т.н. професор Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., к.т.н., с.н.с. Національного університету харчових технологій Маринін А.І., аспірант Національного університету харчових технологій Гармаш Д.В., магістрант Національного університету харчових технологій Рамік О.С., студент Національного університету харчових технологій Кохан Б.А., склали даний Акт про те, що в промислових умовах, на потужностях ТОВ «Бабушкін Сад» 14.10.2018 вироблені наступні партії продукції, в кількості по 10 кг кожного виду продукції: «Філе курчат-бройлерів в соусі ХойсинSousVide», «Філе пекінської качки в соусі хойсинSousVide», «Четвертина куряча в соусі ХойсинSousVide», «Філе курчат бройлерівSousVide», «Філе качкиSousVide», «Четвертина куряча SousVide»,

Дана продукція була виготовлена згідно відповідних нормативних документацій ТОВ «Бабушкін Сад», запакована в вакуумні пакети. Виготовлена продукція за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідає вимогам нормативної документації.

Зазначена продукція відправлена на зберігання для перевірки та контролю термінів її зберігання при наступних умовах : за температури від 0 до 3 °С та відносній вологості повітря від 75 до 78%.

Від НУХТ

Д.т.н., професор НУХТ


Пасічний В.М.

К.т.н., с.н.с. НУХТ


Маринін А.І.

Аспірант НУХТ


Гармаш Д.В.

Магістрант НУХТ


Рамік О.С.

Студент НУХТ


Кохан Б.А.

Від ТОВ «Бабушкін Сад»

В.о. головного технолога


Кондратенко В.А.

Шеф-повар


Денисенко О.М.



Додаток Г

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор виробництва
 ТОВ «Бабушкін Сад»
 Карпюк Є.В.
 «15» 10 2018 р.

АКТ

Дегустаційної комісії

Ми, що нижче підписались, в.о головного технолога ТОВ «Бабушкін Сад» Кондратенко В.А., шеф-повар ТОВ «Бабушкін Сад» Денисенко О.М., д.т.н. професор Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., к.т.н., с.н.с. Національного університету харчових технологій Маринін А.І., аспірант Національного університету харчових технологій Гармаш Д.В., магістрант Національного університету харчових технологій Рамік О.С., студент Національного університету харчових технологій Кохан Б.А., склали даний Акт про те, що «15» 10 2018 року проведена органолептична оцінка зразків м'ясопродуктів з проведенням повторної темічної обробки (підігрів, обсмаження), що були виготовлені 14.10.2018 р.

Висновки дегустаційної комісії:

№	Найменування виробу	Зовнішній вигляд	Запах	Смак	Колір	Консистенція	Загальна оцінка*
1	«Філе курчат-бройлерів в соусі Хойсин SousVide»,	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
2	Філе пекінської качки в соусі хойсин SousVide	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3	Четвертина куряча в соусі Хойсин SousVide	5,0	5,0	4,5	5,0	4,0	4,7
4	Філе курчат бройлерів SousVide	5,0	5,0	4,8	5,0	5,0	4,96
5	Філе качки SousVide	4,8	4,8	4,8	5,0	5,0	4,88
6	Четвертина куряча SousVide	4,2	4,6	4,0	4,0	4,0	4,12

*- загальна середня оцінка дегустаційної комісії, що проводилась за п'ятибальною шкалою (від найменшого балу «1» до найбільшого «5»)

Від НУХТ
 Д.т.н., професор НУХТ
 _____ Пасічний В.М.
 К.т.н., с.н.с. НУХТ
 _____ Маринін А.І.
 Аспірант НУХТ
 _____ Гармаш Д.В.
 Магістрант НУХТ
 _____ Рамік О.С.
 Студент НУХТ
 _____ Кохан Б.А.

Від ТОВ «Бабушкін Сад»
 В.о. головного технолога
 _____ Кондратенко В.А.
 Шеф-повар
 _____ Денисенко О.М.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Забіяка»

Федюков С.О.



11/11/2020 р.

АКТ

Виробництва дослідно-промислової партії продукції

Ми, що нижче підписались, головний технолог ТОВ «Забіяка» Воронов О. М., заступник директора з виробництва Ткачов Д.В., заступник директора з якості Маркін Ю. М., д.т.н. професор Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., аспірант Національного університету харчових технологій Шведюк Д.А., аспірант Національного університету харчових технологій гармаш Д.В., магістрант Національного університету харчових технологій Кохан Б.А., склали даний Акт про вироблені наступні партії продукції, в кількості по 10 кг кожного виду продукції: «Реберця медові», «Лопатка Тосканська», «Рулька пікантна».


Дана продукція була виготовлена згідно відповідних нормативних документів ТОВ «Забіяка». Готова продукція за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідала вимогам нормативної документації.

Зазначена продукція відправлена на валідацію для перевірки та контролю термінів її зберігання за температури від 0 до 6 °С.


За результатами проведеного відпрацювання на підприємстві поставлено на виробництво з 01.11.2020 р. три найменування продукції за технологією Sous-Vide.

Від НУХТ

д.т.н., професор НУХТ

 Пасічний В.М.

Аспірант НУХТ

 Шведюк Д.А.

Аспірант НУХТ

 Гармаш Д.В.

Магістрант НУХТ

 Кохан Б.А.

Від ТОВ «Забіяка»

Головний технолог

 Воронов О.М.

Заступник директора з виробництва

 Ткачов Д.В.

Заступник директора з якості

 Маркін Ю.М.

ДКПП 10.13.15

УКНД 67.120.10



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи, професор
Національний університет харчових технологій

О.Ю. Шевченко

“_24_” квітня 2019 р.



ЗМІНА № 3
ТУ У 15.1-19492247-021-2004
ПРОДУКТИ З ЯЛОВИЧИНИ, СВИНИНИ ТА М'ЯСА ПТИЦІ
з використанням сумішей харчових фірми “НАША”

Дата введення з .05.2019 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Національним університетом харчових технологій

Д-р. техн. наук, професор

В.М. Пасічний

“_23_” квітня 2019 р.

Аспірант ПНДЛ НУХТ

Д.В. Гармаш

“_23_” квітня 2019 р.

Аспірант ПНДЛ НУХТ

Д.А. Шведюк

“_23_” квітня 2019 р.



2019

Додаток Є



 ЗАТВЕРДЖУЮ
 Керівник департаменту м'ясного і рибного
 Оржеховський С.С.
 « _____ » « _____ » « _____ »

АКТ Дегустаційної комісії

Ми, що нижче підписались, керівник департаменту м'ясного і рибного виробництва Оржеховський С.С., головний технолог департаменту м'ясного і рибного виробництва Коломієць Р.А., д.т.н. професор Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., аспірант Національного університету харчових технологій Гармаш Д.В., студент четвертого курсу Національного університету харчових технологій бакалавр Артюх І.Л та Савчук О.О., студент третього курсу Національного університету харчових технологій Тарахтій Д.Ю., склали Акт про те, що « 12.11 » « 2020 » була проведена органолептична оцінка зразків м'ясопродуктів з проведенням повторної термічної обробки (нагрів, смаження), що були виготовлені « 29.10 » « 2020 »

Висновки дегустаційної комісії

№	Найменування продукції	Зовнішній вигляд	Консистенція	Вигляд на зрізі	Запах	Смак	Загальна оцінка
1	Грудка куряча в кисло-солодкому соусі Sous Vide	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
2	Тефтелі курячі в соусі Хойсин Sous Vide	4,5	5,0	4,0	5,0	5,0	4,7
3	Чверть куряча в соусі Хойсин Sous Vide	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,4
4	Качка в соусі Хойсин Sous Vide	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	4,8

Від НУХТ
 Дтн., професор, зав.кафедри
 _____ Пасічний В.М.
 _____ Аспірант НУХТ
 _____ Гармаш Д.В.
 _____ Бакалавр НУХТ
 _____ Артюх І.Л.
 _____ Бакалавр НУХТ
 _____ Савчук О.О.
 _____ Студент 3 курсу НУХТ
 _____ Тарахтій Д.Ю.

Від ТОВ «ФУДКОМ»
 Керівний департаменту м'ясного і рибного
 Оржеховський С.С.
 Головний технолог департаменту м'ясного
 Коломієць Р.А.
 Провідний фахівець департаменту якості
 Гребінюк Н.М.

Додаток Ж



АКТ

Виробництва дослідно-промислової партії продукції

Ми, що нижче підписались, керівник департаменту м'ясного і рибного виробництва Оржеховський С.С.,
головний технолог департаменту м'ясного і рибного виробництва Коломієць Р.А., д.т.н. професор
Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., аспірант Національного університету
харчових технологій Гармаш Д.В., студент четвертого курсу Національного університету харчових технологій
бакалавр Артюх І.Л. та Савчук О.О., студент третього курсу Національного університету харчових технологій
Тарахтій Д.Ю., склали Акт про вироблені наступні партії продукції, в кількості по 10 кг кожного виду
продукції : Грудка куряча в кисло-солодкому срусі Sous Vide, Тефтелі курячі в соусі Хойсин Sous Vide, Чверть
куряча в соусі Хойсин Sous Vide

Дана продукція була виготовлена згідно розроблених нормативних документів ТУ У №10.1-40106387-004:2018.
Готова продукція за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідала
вимогам нормативної документації.

Зазначена продукція відправлена на валідацію для перевірки та контролю термінів її зберігання за температури
від 0 до 6°C.

За результатами проведеного відпрацювання на підприємстві поставлено на виробництво з « 19 »
« ЖОСТНЯ » « 2020 » три найменування продукції виготовленої за технологією «Sous Vide».

Від НУХТ

Дтн., професор, зав.кафедри

 Пасічний В.М.

Аспірант НУХТ

 Гармаш Д.В.

Бакалавр НУХТ

 Артюх І.Л.

Бакалавр НУХТ

 Савчук О.О.

Студент 3 курсу НУХТ

 Тарахтій Д.Ю.

Від ТОВ «ФУДКОМ»

Керівник департаменту м'ясного і
рибного виробництва

Оржеховський С.С.

Головний технолог департаменту
м'ясного і рибного виробництва

Коломієць Р.А.

Провідний фахівець департаменту якості

Гребінок Н.М.