

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШВЕДЮК ДМИТРО АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 637.5.032

ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСОМІСТКИХ ПРОДУКТІВ
ПОДОВЖЕНОГО ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ІЗ 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.А. Шведюк

Науковий керівник Пасічний Василь Миколайович,
доктор технічних наук, професор

КИЇВ - 2021

АНОТАЦІЯ

Шведюк Д.А. Удосконалення технології м'ясо містких продуктів подовженого терміну зберігання із 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, 2021.

Мета і задачі дослідження. За мету роботи було поставлено розробку та удосконалення рецептур м'ясомістких напівфабрикатів із використанням протеази мікробіологічного походження, дослідити процеси ферментативного протеолізу білків м'ясної та рослинної сировини. У зв'язку з цим було поставлено наступні завдання:

1. Провести аналіз літературних джерел та визначити перспективні види м'ясної та рослинної сировини для ефективного підвищення функціонально-технологічних характеристик під впливом протеаз мікробіологічного походження.

2. Встановити оптимальні режими ферментативної обробки сировини (послідовність, температуру та час проведення ферментативної обробки, а також концентрацію внесеної протеази).

3. Дослідити вплив протеолітичної обробки за допомогою протеаз *Aspergillus niger* на якісні характеристики м'ясомістких продуктів при високотемпературних режимах обробки.

4. Дослідити можливість спільного використання протеаз *Aspergillus niger* з протеазами рослинного походження – папаїном та протеазою мангольда при обробці м'ясо-рослинних модельних фаршевих систем.

5. Порівняти різні методи вимірювання вологозв'язуючої здатності сировини та готової продукції для оцінки ефективності протеаз.

6. Розробити практичні рекомендації щодо виробництва м'ясомістких напівфабрикатів із застосуванням протеаз мікробіологічного походження.

7. Дослідити вплив використання цільової ферментації на терміни зберігання м'ясомістких напівфабрикатів та мікробіологічні показники розроблених продуктів.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше досліджено вплив протеази *Aspergillus niger* на функціонально-технологічні показники нуту та сочевиці при ферментативній обробці даною протеазою суміші рослинної сировини та м'яса курчат бройлерів та встановлено низьку ступінь впливу протеази *Aspergillus niger* на функціонально-технологічні характеристики яловичини;

Вперше досліджено взаємодію протеази *Aspergillus niger* із папаїном та ферментом (протеазою) мангольда та встановлено оптимальні режими значень рН середовища і термічного оброблення для підвищення функціонально-технологічних характеристик комбінованої системи м'ясомістких продуктів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці рецептур м'ясомістких напівфабрикатів а також рекомендацій щодо застосування протеази *Aspergillus niger* в технології різних видів м'ясопродуктів. Проведено оптимізацію режимів термічної обробки напівфабрикатів згідно різних її видів (включаючи обсмажування у фритюрі), а також підібрано оптимальні види сировини, які можуть застосовуватись на етапі підготовки рослинного субстрату. На базі отриманих результатів розроблено зміни в ТУ У 15.1-19492247-021-2004. Розроблена технологія дозволяє знизити собівартість виробництва напівфабрикатів м'ясомістких на 9,7%.

У першому розділі наведено аналіз літературних джерел за темою роботи, а саме – огляд можливостей щодо ролі та використання протеаз мікробіологічного походження у технології м'ясних та м'ясомістких продуктів. Роль протеаз мікробіологічного походження у м'ясопереробній промисловості досі залишається однією з слабо досліджених областей наукового пошуку. В перспективі застосування цієї категорії ензимів окрім здешевлення ферментної сировини та спрощення процесів її підготовки може також дозволити більш широке регулювання технологічних властивостей готової продукції, виходячи з

широкого переліку видів мікроорганізмів, що продукують відповідні види протеаз.

В другому розділі роботи обрано методики для дослідження характеристик сировини та готової продукції, а також методи постановки та інтерпретації експериментів. Серед наведених методів дослідження фізико-хімічних характеристик сировини та готових продуктів, а також методів дослідження функціонально технологічних характеристик обрано вимірювання вологозв'язуючої здатності методами пресування та центрифугування, вимірювання рН водної витяжки продукту потенціометричним методом, вимірювання пластичності сировини та готового продукту методом пресування, вимірювання напруження зсуву та динамічної в'язкості продукту на ротаційному віскозиметрі, а також методи органолептичної оцінки готових продуктів. Вибір методу пресування в якості основного методу визначення вологозв'язуючої здатності обумовлений його простотою та універсальністю. Метод пресування під дією зовнішніх сил на фільтрувальній папері є найбільш широко розповсюдженим та високо оцінюється більшістю експертів за його простоту та універсальність. При статистичній обробці результатів керувались рівняннями регресійного аналізу, які отримували внаслідок обробки результатів експериментів, побудованих за планами повнофакторного експерименту.

В третьому розділі наведено дослідження фізико-хімічних та функціонально-технологічних характеристик сировини в процесі ферментативної обробки. Спосіб проведення ферментативної обробки. Зважаючи на те, що раніше визначено застосовувані режими ферментації сировини (як м'ясної, так і рослинної), а також те, що дані режими є оптимальними для обох видів сировини, варто перевірити гіпотезу про можливість одночасної ферментативної обробки всієї сировини. Потенційні переваги даного підходу є очевидними – економія часу та ресурсів на етапі підготовки сировини, а також відсутність потреби у перерахунку кількості внесеного ферментативного препарату окремо для м'ясної та рослинної сировини.

Термічна обробка напівфабрикатів може проводитись різними методами, особливо з точки зору досягнутої стерильності готового продукту. Застосування тривалої (понад 1,5 години) термічної обробки при температурах діапазону 72-85°C при застосуванні комбінованого гідролізату протеолітичного походження на основі сої веде до утворення специфічних органолептичних характеристик та притаманного бульйону смаку, що широко використовується для підсилення характеристик м'ясомістких продуктів. Зважаючи на дане застосування рослинних гідролізатів, можна припустити, що при застосуванні досліджуваної протеази в поєднанні з тривалою термічною обробкою відбудеться підвищення органолептичних характеристик завдяки досягненню аналогічного ефекту. Також, даний тип обробки дозволяє забезпечити достатній рівень летального впливу тепла на мікрофлору комбінованої сировини напівфабрикату, подовжуючи таким чином терміни зберігання готового продукту. До потенційних недоліків застосування такого методу обробки можна віднести низький вихід готового продукту, надмірну жорсткість, а також можливість виникнення дефектів реологічних характеристик продукту (крихкість). Другим підходом до проведення термічної обробки є доведення до температури товщі продукту 70-73 °C, проте дана температура не гарантує повної кулінарної готовності рослинної сировини, що в свою чергу потребує дослідного підтвердження. Для того, щоб покращити органолептичні характеристики та терміни зберігання готового продукту, раціональним є стерилізація або пастеризація напівфабрикату в упакованому стані. Серед двох недоліків даної технології можна назвати дві – необхідність облаштування додаткової ділянки пакування (враховуючи саму складність пакування напівфабрикатів), а також низькі органолептичні характеристики (великою мірою нівелюється перебіг реакції Майяра).

У четвертому розділі наведено порівняння властивостей різних видів ферментної сировини, серед яких окрім досліджуваного виду ферментної сировини (протеаза *Aspergillus niger*) досліджено папаїн та протеазу з мангольда. Доведено можливість використання комбінованої

ферментативної обробки протеазою ASPN разом із папаїном та протеазою мангольда. Створено математичну модель взаємодії даних видів ферментів у діапазоні рН фаршевої системи 5,5-7,0. Досліджено терміни зберігання м'ясомістких напівфабрикатів, внаслідок чого встановлено підвищення термінів зберігання розроблених січених напівфабрикатів на 30 % у порівнянні із контрольною рецептурою.

Ключові слова: *ферментативна обробка, протеази мікробіологічного походження, м'ясомісткі напівфабрикати.*

Список публікацій здобувача за темою дисертаційної роботи

Публікації у фахових виданнях України та інших держав

1. Ukrainets A., Pasichnyi V., Matsuk Y., Shvediuk D., Al-Hashymi. Determination of the Optimal Sterilization Regime of Canned Quail Meat with Hydrocolloids Application. H. EUREKA: Life Sciences – 2017. – №4 – С. 21-25

2. А.І.Українець, В.М.Пасічний, Д.А.Шведюк, Ю.А.Мацук. Дослідження здатності до протеолізу м'ясних січених напівфабрикатів функціонального призначення. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького – 2017. – Том 19 №5 (75). – С. 129-133

3. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний, І. Г. Радзієвська. Вплив модифікованих жирів на показники біологічної ефективності напівфабрикатів з м'яса птиці. Аграрна наука та харчові технології. – 2017. – № 3 (97). – С. 249-257.

4. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний. Використання цільової ферментації у технології м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання / Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 16 (1292). – С. 184-190.

5. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний. Вплив протеази мікробіологічного походження на функціонально-технологічні характеристики фаршів на основі

різних видів м'ясної сировини. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – № 5 (1330). – С. 204-209.

6. Д.А. Шведюк, В.М. Пасічний, О.О. Мороз, А. М. Геречук. Вплив протеази мікробіологічного походження на процес автолізу у м'ясі курчат-бройлерів. Науковий Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. – 2018. – Т. 20 (№ 90). – С. 32-35.

7. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний. Вплив термічної обробки на характеристики січених м'ясо-рослинних напівфабрикатів з використанням ферментації. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 2. – С. 138-144

8. В.М. Пасічний, А.І. Українець, Д.А. Шведюк, А.І. Маринін. Використання протеаз мікробіологічного походження в технології м'ясомістких продуктів. Повноцінне харчування: тренди енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія / за ред. проф. В. В. Євлаш, проф. В. О. Потапова, проф. Н. Л. Савицької, доц. Л. Ф. Товма. – Х. : НАНГУ, 2020. – с.140 -207.

9. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Optimization of meat-containing semi-finished products formulations with the microbiological derived proteases application Chemical technologies & Biotechnologies and food technologies: Proceedings. - Volyme 58,. - Ruse, 2019.

10. V.M. Pasichnyi, A.I. Ukrainets, D.A. Shvediuk, Haider Muhamed Al-Hashimi, Y.A. Matsuk. Optimization of the canned poultry meat sterilization formula with hydrocolloids. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, 11 (88), p. 29-34.

Тези доповідей та матеріали конференцій

11. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Optimization of semi-finished products fermentative treatment with the use of microbial protease. Восьма міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ, 2019, с. 336-338.

12. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Investigation of the enzymatic treatment effect on the functional characteristics of meat-containing semi-finished products after heat treatment. Current trends in the development of science and practice, Abstracts of XXI th International Scientific and Practical Conference. Haifa, Israel, 2020, p. 69-71.

13. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi, O.O. Moroz, A.M. Heredchuk. Вплив протеаз мікробіологічного походження на процеси автолізу в м'ясі курчат-бройлерів. Восьма міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ, 2018, с. 212-213.

14. Shvediuk D.A., Pasichnyi V.M. Optimization of meat-containing semi-finished products formulations with the microbiological derived proteases application. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019, p. 424.

15. Д.А. Шведюк, В.М. Пасічний, А.М. Гередчук. Протеази мікробіологічного походження - перспективні регулятори автолізу м'ясної сировини. Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі: Програма та тези матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 24 листопада 2020, с. 143.

16. В.М. Пасічний, Д.А. Шведюк, Б.А. Кохан. Вплив протеази мікробіологічного походження на функціонально-технологічні характеристики м'ясної сировини при термічній обробці. Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді –

вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 2–3 квітня 2020, с. 274.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень [1, 2, 4-12], підготовка матеріалів до публікації [1-12, 14], обговорення та аналіз результатів [1-16], узагальнення отриманих результатів [1, 3-12, 16].

SUMMARY

Shvediuk D. Improving the technology of meat-containing products with extended shelf life 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 purpose and objectives of the study. The aim of the work was to develop and improve the recipes of meat-containing semi-finished products using a protease of microbiological origin, to investigate the processes of enzymatic proteolysis of meat and vegetable proteins. In this regard, the following tasks were set:

1. To analyze the literature sources and identify promising types of meat and vegetable raw materials for effective improvement of functional and technological characteristics under the influence of proteases of microbiological origin.

2. To establish the optimal modes of enzymatic treatment of raw materials (sequence, temperature, and time of enzymatic treatment, as well as the concentration of the introduced protease).

3. To investigate the influence of proteolytic treatment with *Aspergillus niger* proteases on the qualitative characteristics of meat-containing products at high temperature treatment regimes.

4. Investigate the possibility of joint use of *Aspergillus niger* proteases with proteases of plant origin - papain and chard protease in the processing of meat-vegetable model minced meat systems.

5. Compare different methods of measuring the moisture-binding capacity of raw materials and finished products to assess the effectiveness of proteases.

6. Develop practical recommendations to produce meat-containing semi-finished products using proteases of microbiological origin.

7. Investigate the impact of the use of targeted fermentation on the shelf life of meat-containing semi-finished products and microbiological parameters of the developed products.

Scientific novelty of the obtained results.

The effect of *Aspergillus niger* protease on the functional and technological parameters of chickpeas and lentils during enzymatic treatment of a mixture of vegetable raw materials and meat of broiler chickens was studied for the first time and the low degree of influence of *Aspergillus niger* protease on functional and technological characteristics of beef was established.

The interaction of *Aspergillus niger* protease with papain and chard enzyme (protease) was studied for the first time and the optimal regimes of pH values and heat treatment were established to improve the functional and technological characteristics of the combined system of meat-containing products.

The practical significance of the obtained results lies in the development of recipes for meat-containing semi-finished products, as well as recommendations for the use of *Aspergillus niger* prosthesis in the technology of various types of meat products. The modes of heat treatment of semi-finished products according to its different types (including deep frying) have been optimized, and the optimal types of raw materials that can be used at the stage of plant substrate preparation have been selected. On the basis of the received results changes in TU In 15.1-19492247-021-2004 are developed. The developed technology allows to reduce the cost of production of meat-containing semi-finished products by 9.7%.

The first section provides an analysis of the literature on the topic of the work, namely, an overview of the possibilities for the role and use of proteases of microbiological origin in the technology of meat and meat products. The role of proteases of microbiological origin in the meat processing industry still remains one of the poorly studied areas of scientific research. In the future, the use of this category of enzymes in addition to reducing the cost of enzyme raw materials and simplifying

the processes of its preparation may also allow wider regulation of technological properties of finished products, based on a wide range of microorganisms that produce relevant proteases.

In the second section of the work methods for studying the characteristics of raw materials and finished products, as well as methods for setting and interpreting experiments are selected. Among the methods of research of physicochemical characteristics of raw materials and finished products, as well as methods of research of functional and technological characteristics, measurement of moisture-binding capacity by pressing and centrifugation methods, measuring pH of aqueous product extract by potentiometric method, measuring plasticity of raw materials and finished product by pressing, measuring shear and dynamic viscosity of the product on a rotary viscometer, as well as methods of organoleptic evaluation of finished products. The choice of pressing method as the main method of determining the moisture-binding capacity is due to its simplicity and versatility. The method of pressing under the action of external forces on the filter paper is the most common and is highly appreciated by most experts for its simplicity and versatility. The statistical processing of the results was guided by the equations of regression analysis, which were obtained because of processing the results of experiments constructed according to the plans of the full-factor experiment.

The third section presents a study of physico-chemical and functional-technological characteristics of raw materials in the process of enzymatic processing. The method of enzymatic treatment. Given that the previously used fermentation regimes of raw materials (both meat and vegetable), as well as the fact that these regimes are optimal for both types of raw materials, it is necessary to test the hypothesis of the possibility of simultaneous enzymatic processing of all raw materials. The potential advantages of this approach are obvious - saving time and resources at the stage of preparation of raw materials, as well as the lack of need to recalculate the amount of enzyme preparation separately for meat and vegetable raw materials.

Heat treatment of semi-finished products can be carried out by various methods, especially in terms of the achieved sterility of the finished product. The use of long-term (more than 1.5 hours) heat treatment at temperatures in the range of 72-85 ° C with the use of combined hydrolysate of proteolytic origin based on soy leads to the formation of specific organoleptic characteristics and inherent taste broth, which is widely used to enhance the characteristics of meat products. Given the use of plant hydrolysates, it can be assumed that the use of the studied protease in combination with prolonged heat treatment will increase the organoleptic characteristics by achieving a similar effect. Also, this type of processing allows to provide a sufficient level of lethal effects of heat on the microflora of the combined raw materials of the semi-finished product, thus extending the shelf life of the finished product. Potential disadvantages of using this method of processing include low yield of the finished product, excessive rigidity, as well as the possibility of defects in the rheological characteristics of the product (fragility). The second approach to heat treatment is to bring the product to a temperature of 70-73 °C, but this temperature does not guarantee the full culinary readiness of vegetable raw materials, which in turn requires experimental confirmation. In order to improve the organoleptic characteristics and shelf life of the finished product, it is rational to sterilize or pasteurize the semi-finished product in a packaged state. Among the two disadvantages of this technology are two - the need for additional packaging (given the complexity of the packaging of semi-finished products), as well as low organoleptic characteristics (largely leveled the course of the Maillard reaction).

The fourth section compares the properties of different types of enzyme raw materials, among which, in addition to the studied type of enzyme raw material (*Aspergillus niger* protease), papain and chard protease were studied. The possibility of using combined enzymatic treatment with ASPN protease together with papain and chard protease has been proved. A mathematical model of the interaction of these types of enzymes in the pH range of the stuffing system 5.5-7.0 was created. The shelf life of meat-containing semi-finished products was investigated, as a result of

which the shelf life of the developed cut semi-finished products was increased by 30% compared to the control recipe.

Key words: *enzymatic treatment, proteases of microbiological origin, meat-containing semi-finished products.*

List of applicant`s publications on the dissertations topic

Publications in professional issues of Ukraine and other countries

1. A. I. Ukrainets, V.M. Pasichnyi, Y.A. Matsuk, D.A. Shvediuk, Al-Hashymi. Determination of the Optimal Sterilization Regime of Canned Quail Meat with Hydrocoloids Application. H. EUREKA: Life Sciences – 2017. – №4 – C. 21-25

2. A. I. Ukrainets, V.M. Pasichnyi, D.A. Shvediuk, Y.A. Matsuk. Investigation of the ability to proteolysis of cut meat semi-finished products for functional purposes. Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S.Z.Gzhytsky – 2017. – T. 19 №5 (75). – C. 129-133

3. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi, I. H. Radzievska. Influence of modified fats on biological efficiency indicators of poultry semi-finished products. Agricultural science and food technology. – 2017. – № 3 (97). – C. 249-257.

4. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. The use of targeted fermentation in the technology of meat-containing products with extended shelf life. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology – 2018. – № 16 (1292). – C. 184-190.

5. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. The influence of protease of microbiological origin on the functional and technological characteristics of minced meat based on different types of raw meat. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology – 2019. – № 5 (1330). – C. 204-209.

6. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi, O.O. Mororz, A. M. Heredchuk. Influence of protease of microbiological origin on the process of autolysis in meat of broiler chickens. Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S.Z.Gzhytsky – 2018. – T. 20 (№ 90). – C. 32-35.

7. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Influence of heat treatment on the characteristics of chopped meat and vegetable semi-finished products using fermentation. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology – 2020. – № 2. – C. 138-144

8. V.M. Pasichnyi, A.I. Ukrainets, D.A. Shvediuk, A.I. Marynin. The use of proteases of microbiological origin in the technology of meat-containing products. Complete nutrition: trends in energy efficient production, storage and marketing: a collective monograph / ed. prof. V.V. Yevlash, prof. V.O. Potapov, prof. N.L. Savitskaya, Assoc. L. F. Tovma. – X. : NANGU, 2020. – c.140 -207.

9. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. V. Optimization of meat-containing semi-finished products formulations with the microbiological derived proteases application. Chemical technologies & Biotechnologies and food technologies: Proceedings. - Volume 58,. - Ruse, 2019.

10. V.M. Pasichnyi, A.I. Ukrainets, D.A. Shvediuk, Haider Muhamed Al-Hashimi, Y.A. Matsuk. Optimization of the canned poultry meat sterilization formula with hydrocolloids. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, 11 (88), p. 29-34.

Abstracts and conference proceedings

11. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Optimization of semi-finished products fermentative treatment with the use of microbial protease. Eighth International Scientific and Technical Conference "Scientific Problems of Food Technologies and Industrial Biotechnology in the Context of European Integration", Kyiv: NUFT, 2019, c. 336-338.

12. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Investigation of the enzymatic treatment effect on the functional characteristics of meat-containing semi-finished products after heat treatment. Current trends in the development of science and practice, Abstracts of XXI th International Scientific and Practical Conference. Haifa, Israel, 2020, p. 69-71.

13. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi, O.O. Moroz, A.M. Heredchuk. Influence of proteases of microbiological origin on autolysis processes in broiler chickens. Eighth International Scientific and Technical Conference "Scientific Problems of Food Technologies and Industrial Biotechnology in the Context of European Integration", Kyiv: NUFT, 2018, c. 212-213.

14. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Optimization of meat-containing semi-finished products formulations with the microbiological derived proteases application. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019, p. 424.

15. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi, A.M. Heredchuk, Proteases of microbiological origin are promising regulators of autolysis of raw meat. Innovative technologies and prospects for the development of the meat processing industry: Program and abstracts of the International Scientific and Practical Conference, November 24, 2020, c. 143.

16. V.M. Pasichnyi, D.A. Shvediuk, B.A. The influence of protease of microbiological origin on the functional and technological characteristics of raw meat during heat treatment. Proceedings of the 86th International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduate Students and Students "Scientific Achievements of Youth - Solving the Problems of Human Nutrition in the XXI Century", April 2-3, 2020, c. 274.

Personal contribution of the applicant: conducting experimental research [1, 2, 4-12], preparation of materials for publication [1-12, 14], discussion and analysis of results [1-16], generalization of the results [1, 3-12, 16].

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| АНОТАЦІЯ..... | 2 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ВИМІРЮВАНЬ, СКОРОЧЕНЬ | 18 |
| ВСТУП..... | 19 |
| 1. ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТЕАЗ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСО-РОСЛИННИХ ПРОДУКТІВ | 23 |
| 1.1 Значення протеолітичних ферментів в технології м'ясопродуктів..... | 23 |
| 1.2 Основні характеристики протеаз мікробіологічного походження | 34 |
| 1.3 Перспективи застосування протеаз роду <i>Aspergillus</i> в технології м'ясопродуктів комбінованого складу | 37 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 | 40 |
| 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ | 41 |
| 2.1 Вибір методів фізико-хімічних досліджень..... | 42 |
| 2.2 Загальний план експериментальних досліджень | 50 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2..... | 51 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОТЕЙ М'ЯСНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ..... | 52 |
| 3.1 Вибір та характеристики основної сировини Об'єктом досліджень є м'ясо курчат бройлерів та протеаза мікробіологічного походження, що продукується грибами виду <i>Aspergillus niger</i> (надалі в тексті – ASP)..... | 52 |
| 3.2 Вибір та характеристики допоміжної сировини | 58 |
| 3.3. Визначення впливу протеази в процесі термічної обробки | 65 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3..... | 82 |
| 4. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ М'ЯСОМІСКИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОТЕАЗИ ASPERGILLUS NIGER | 83 |
| 4.1 Залежність впливу термічних ефектів від внесення протеази <i>Aspergillus niger</i> | 83 |
| 4.2 Взаємодія протеази <i>Aspergillus niger</i> з іншими видами ферментів | 96 |

| | |
|--|-----|
| 4.3 Залежність характеристик готових продуктів від способу термічної обробки | 105 |
| 4.4 Прогнозування ефективності застосування протеази <i>Aspergillus niger</i> у технології м'ясомістких напівфабрикатів..... | 109 |
| 4.4.1. Розрахунок економічної ефективності застосування цільової ферментації в технології напівфабрикатів м'ясомістких | 126 |
| 4.4.2. Дослідження мікробіологічних показників напівфабрикатів із застосуванням цільової ферментації | 128 |
| 4.4.3. Опис удосконаленої технології виробництва м'ясомістких напівфабрикатів із застосуванням цільової ферментації | 131 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4..... | 134 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | 135 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 137 |
| Додаток А | 154 |
| Додаток Б..... | 157 |
| Додаток В..... | 158 |
| Додаток Г | 159 |
| Додаток Д | 160 |
| Додаток Е..... | 161 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ВИМІРЮВАНЬ, СКОРОЧЕНЬ

АОК - аналіз основних компонентів

БЖЕ – білково-жирова емульсія

ВЗЗ – вологозв'язувальна здатність

ВТО – волого-теплова обробка

ВУЗ – вологоутримуюча здатність

ЕШМ – екстракт шкірки манго

ЖУЗ – жирутримуюча здатність

ІСБС - інфрачервона спектроскопія в ближньому спектрі

КГБ – концентрат горохового білка

КЕ – катехіновий еквівалент

ЛПНЦ – ліпопротеїди низької щільності

МО – масова одиниця

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти

ПФЕ – повнофакторний експеримент

СЕМ – скануюча електронна мікроскопія

ТГ - транsgлютаміназа

ТФФ – твердофазна ферментація

ФАО – *FoodandAgricultureOrganization* - продовольча та сільськогосподарська організація ООН

ФХК – функціональна харчова композиція

ЯМР – ядерний магнітний резонанс

ASPN – *aspergillus nigger*

SDS-PAGE - *SodiumDodecylSulfatePolyacrylamideGelElectrophoresis* – електрофорез в гелі поліакриламід-натрію додецилсульфату

Δ - абсолютна різниця значень

ВСТУП

Актуальність роботи. У зв'язку із розширенням асортиментного ряду та підвищенням попиту на м'ясомісткі продукти, все більш актуальною є проблематика пошуку нових видів сировини для їх виробництва. Застосування рослинної сировини дозволяє створювати продукти з високою харчовою цінністю та низькою собівартістю, проте вимагає додаткових способів підготовки сировини, одним з яких є ферментативна обробка. Пошук нових джерел ферментної сировини є особливо актуальним, зважаючи на зростання цін та мінливу динаміку ринку ендокринної сировини загалом, та внутрішню волатильність даних ринків відносно промисловості України. Використання ферментативної обробки, яка дозволяла б проводити одночасний гідроліз білків м'ясної та рослинної сировини, відкриває перспективи до розробки нових видів м'ясомістких продуктів з підвищеною біологічною цінністю та високими органолептичними показниками разом із збереженням прийняттого рівня їх виробничої собівартості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на базі Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій (НУХТ) в рамках теми держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів НУХТ на тему «Наукове обґрунтування технології м'ясопродуктів нового покоління для оздоровчо-профілактичного харчування» (ДР №0115U006059) та держбюджетної тематики проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ: «Науково-практичне обґрунтування технологій м'ясних та м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання» (ДР №0118U003557).

Мета і задачі дослідження. За мету роботи було поставлено розробку та удосконалення рецептур м'ясомістких напівфабрикатів із використанням протеази мікробіологічного походження, дослідити процеси ферментативного протеолізу білків м'ясної та рослинної сировини. У зв'язку з цим було поставлено наступні завдання:

1. Провести аналіз літературних джерел та визначити перспективні види м'ясної та рослинної сировини для ефективного підвищення функціонально-технологічних характеристик під впливом протеаз мікробіологічного походження.
2. Встановити оптимальні режими ферментативної обробки сировини (послідовність, температуру та час проведення ферментативної обробки, а також концентрацію внесеної протеази).
3. Дослідити вплив протеолітичної обробки за допомогою протеаз *Aspergillus niger* на якісні характеристики м'ясомістких продуктів при високотемпературних режимах обробки.
4. Дослідити можливість спільного використання протеаз *Aspergillus niger* з протеазами рослинного походження – папаїном та протеазою мангольда при обробці м'ясо-рослинних модельних фаршевих систем.
5. Порівняти різні методи вимірювання вологозв'язуючої здатності сировини та готової продукції для оцінки ефективності протеаз.
6. Розробити практичні рекомендації щодо виробництва м'ясомістких напівфабрикатів із застосуванням протеаз мікробіологічного походження.
7. Дослідити вплив використання цільової ферментації на терміни зберігання м'ясомістких напівфабрикатів та мікробіологічні показники розроблених продуктів.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше досліджено вплив протеази *Aspergillus niger* на функціонально-технологічні показники нуту та сочевиці при ферментативній обробці даною протеазою суміші рослинної сировини та м'яса курчат бройлерів та встановлено низьку ступінь впливу протеази *Aspergillus niger* на функціонально-технологічні характеристики яловичини;

Вперше досліджено взаємодію протеази *Aspergillus niger* із папаїном та ферментом (протеазою) мангольда та встановлено оптимальні режими значень рН середовища і термічного оброблення для підвищення функціонально-технологічних характеристик комбінованої системи м'ясомістких продуктів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці рецептур м'ясомістких напівфабрикатів а також рекомендацій щодо застосування протези *Aspergillus niger* в технології різних видів м'ясопродуктів. Проведено оптимізацію режимів термічної обробки напівфабрикатів згідно різних її видів (включаючи обсмажування у фритюрі), а також підбрано оптимальні види сировини, які можуть застосовуватись на етапі підготовки рослинного субстрату. На базі отриманих результатів розроблено зміни в ТУ У 15.1-19492247-021-2004. Розроблена технологія дозволяє знизити собівартість виробництва напівфабрикатів м'ясомістких на 9,7%.

Соціальний ефект від впровадження удосконаленої технології посічених напівфабрикатів проявляється у розширенні асортименту перероблюваної сировини для виробництва посічених напівфабрикатів, подовженню термінів зберігання готової продукції, а також можливості заміни алергенних розм'якшуючих агентів в технології виробництва м'ясомістких продуктів.

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 83, 85 та 86-тій міжнародних конференціях «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (Київ, Україна, 2017, 2019, 2020), на конференції «Current trends in the development of science and practice» (Хайфа, Ізраїль, 2020). Також результати роботи представлено на конференціях: «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції» (Київ, Україна, 2019) та «Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі» (Київ, Україна, 2020) та «58th Science Conference of Ruse» (Русе, Болгарія, 2019). Апробацію результатів досліджень проведено на підприємствах харчової промисловості України – ТОВ «Верест», ТОВ «Наша» та ТОВ «Забіяка».

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень автора, основні наукові положення і висновки дисертації в достатній мірі висвітлено у 18 наукових працях, у тому числі 10 статей, серед яких 7 - у наукових фахових виданнях України, які включені до наукометричних баз, 3 - у закордонних наукових виданнях, включно з 1 публікацією у виданні, що входить до наукометричної бази Scopus; 6 тез доповідей - в опублікованих матеріалах наукових, науково-практичних та науково-технічних конференцій.

Структура роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 151 найменування, 6 додатків. Основні матеріали роботи викладено на 132 сторінках основного тексту, що містить 41 таблицю та 14 рисунків.

1. ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТЕАЗ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСО-РОСЛИННИХ ПРОДУКТІВ

1.1 Значення протеолітичних ферментів в технології м'ясопродуктів

Протеази мають здатність розщеплювати білки, отже таким чином відносяться до протеолітичних ферментів. Їх вплив призводить до мономерізації білків до амінокислот внаслідок деконструкції пептидного зв'язку. Даний вид ферментів належать до класу гідролаз. Отже, процес мономерізації білків до амінокислот – протеоліз, відноситься до підвидів гідролізу [1, 2, 3]. У процесах обробки м'ясопродуктів протеоліз відіграє важливу роль для їх засвоєння, так і перебігу власне технологічного процесу та формування органолептичних характеристик продукції. Отже, в процесі протеолізу усуваються пептидні зв'язки між пептидами та амінокислотами у білках субстрату. Це в свою чергу сприяє збільшенню частки вільних амінокислот. У багатьох реакціях в ході життєдіяльності організму людини важливу роль відіграють вільні амінокислоти – вони потрібні з фізіологічної точки зору для специфічних взаємодій у організмі. Таким чином, глютамінова кислота відіграє специфічну функцію трансферу сполук при переамінуванні, а метіонін в ході переметилування. Основними продуктами гідролізу амінокислот є сечовина, сечова кислота та аміак. Компенсація втрат амінокислот проходить головним чином внаслідок гідролізу білків та в ході переамінування α -кетокислот та ізомерізації деяких амінокислот.

Роль протеаз для процесів харчової промисловості обумовлена певним переліком чинників. До цієї сукупності можна віднести здатність протеаз підвищувати сприятливість субстратів до дії пепсину та трипсину, а також впливати на амінокислотний склад субстрату. Окрім цього, важливу роль відіграє власне походження певного виду ензимної сировини. Відповідно до походження протеолітичні ензими, які застосовуються у харчових технологіях, можна розподілити на групи: рослинного, мікробіологічного та тваринного походження. Окремо варто виділити синтетичні ферменти [2].

Серед усіх груп протеолітичних ензимів (протеаз) ферменти мікробіологічного походження є найменш дослідженими, в той же час їх використання за рівнем собівартості та витрат на 1 кг субстрату є раціональною для великої частки процесів [4]. Протеази мікробіологічного походження впливають на широкий перелік процесів обміну, володіють біохімічною мінливістю. Також протеази мікробіологічного походження мають багато призначень у промисловості, включаючи потенціал масового виробництва, доступність генетичного редагування для розробки нових ензимів зі модифікованими характеристиками, які будуть специфічними для певних областей використання. Декілька публікацій свідчать про те, що організми роду *Bacillus* продукують ряд екзоклітинних ензимів, в тому числі і протеази [5, 6]. Для мікроорганізмів роду *Bacillus*, що продукують протеолітичні ензими, можна виділити такі роди - *B.cereus*, *B.sterothermophilus*, *B.mojavensis*, *B.megaterium* і *B.subtilis* [5]. Дані види достатньо розповсюджені в ґрунті та воді, певні штами є стабільними у екстремальних умовах та режимах обробки, в тому числі при екстремальних амплітудах зміни температури.

Власне у харчовій промисловості найбільш доцільним є використання таких протеаз мікробіологічного походження (типи ензимів наведено за назвою роду-продуцента): *Aspergillus* (*sp.* 13.33-35, *awamori*, *clavatus*, *flavus*, *fumigates*, *niger*, *oryzae*), *Beauveria*, *Thermoascus aurantiacus*. Також все більш актуальним стає застосування новітніх видів ензимів (серед яких AFP, HT та ProG) [7,8, 9, 10]. Таким чином, за даними досліджень протеолітичних ензимів мікробіологічного походження визначено такі переваги – низька вартість поновлення ензимної сировини (велика частина з продуцентів можуть зберігати властивості при екстремальних режимах обробки та має короткий цикл відтворення популяції організмів), широкий діапазон режимів активності досліджуваних ензимів, можливість пошуку переліку продуцентів для виробництва заданого виду ензимів та перспектива розробки нових типів ензимів завдяки селекції нових штамів мікроорганізмів або впливу на геном вже наявних в природі видів.

Роль ензимів мікробіологічного походження у процесах обробки м'ясної сировини у даний час залишається однією з недостатньо досліджених областей за наявними даними. Зважаючи на те, що використання ензимів, продукованих видом *Aspergillus niger* є дослідженим для обробки рослинних субстратів, а також великою мірою дослідженим для обробки молокопродуктів, використання цього виду ензимів при переробці м'ясної сировини залишається слабо дослідженим [11].

В роботі колективу дослідників з Китаю описано особливості впливу протеолітичних ензимів мікробіологічного походження на структурні та органолептичні властивості м'ясної сировини [12]. В ролі об'єкта було використано новітній вид аспарагінової протеази (*RmproA*), який був отриманий завдяки селекції мікрогрибків роду *Rhizomucormiehei* CAU432. Висока ензиматична активність (3480,4 одиниць / мл) досягалась завдяки обробці субстрату з великою щільністю. Досліджуваний ензим очищали двохстадійним способом до досягнення гомогенності. Визначення молекулярної маси *RmproA* проводили методом гель-фільтрації. Молекулярна маса ензиму в середньому складала 52,4 кДа, про що свідчать дані методу SDS-PAGE. Філе свиняче (свинина нежирна) при обробці протеазою *RmproA* продемонстрував зниження рівня зусилля зсуву у порівнянні з ферментованим папаїном зразком із застосуванням низької частки *RmproA*, що свідчить про ефективність впливу даного ензиму на процеси обробки свинини [12].

Вплив ензимів рослинного походження описано у статті науковців з Таїланду [13]. Метою даної публікації було дослідження впливу необробленого екстракту шкірки манго (ЕШМ) на структуру м'ясної сировини. Спинопоперековий м'яз великої рогатої худоби ферментували із застосуванням ЕШМ (при концентрації 0,05 %) за тривалостей обробки 1, 2 і 3 годин при 25 ° С. Загальний вміст водорозчинних білків зростав для дослідних зразків (з 169,3 до 215,5 мг / г), а також зріс вміст екстрактивних пептидів (з 85,9 до 119,3 мкмоль тирозину / г) та екстрактивність колагену - з 8,7% для контрольної групи до

15,7%. Ферментовані впродовж 3 годин зразки не проявляли вагової різниці у структурі, порівнюючи зі зразками, обробленими протягом 2 годин.

Важливо також висвітлити вплив поширених в м'ясній промисловості ензимів на нові типи основної сировини [14]. В роботі дослідників з Арабських Еміратів розкрито особливості застосування папаїну та інших комерційних ензимів у обробці м'яса та тканин верблюдів [15]. Результати довели, що ферментоване папаїном (100 мг / кг) м'ясо верблюда демонструвало більші втрати вологи (зниження вологозв'язувальної вологоутримуючої здатностей) та нижчу вологопоглинаючу здатність, у порівнянні з фіцином та новітніми ферментами.

Дослідження рослинних субстратів з високим вмістом білків є також важливим при описі процесів ферментації. Сочевиця у вигляді крупи широко використовується у кулінарії, проте, її використання доцільне також у формі борошна [16, 17, 18]. Збагачення складу пшеничного борошна шляхом змішування з бобовими (сочевичне борошно) є методом збільшення як харчової цінності, так і функціональних характеристик продуктів на основі глютену [19, 20, 21]. В той же час широко дослідженими є корисні властивості сочевиці, що можуть мати деякі переваги для життєдіяльності людини при міському способі життя та недостатній руховій активності [22, 23, 24]. Біологічно-активні сполуки, які входять до складу рослинної сировини, у більшості випадків належать до поліфенолів, вітамінів, інгібіторів протеолізу та харчових волокон (розчинних та нерозчинних). Водорозчинні вуглеводи, представлені здебільшого олігосахаридами, є важливим компонентом харчового волокна загалом [25]. Важливою характеристикою є позитивний вплив олігосахаридів, що підвищують рівні засвоєння пробіотиків та деяких ферментів [26, 27]. Також дослідним шляхом встановлено, що деякі олігосахариди провокують синдром подразненого кишечника, ініціюючи зміни в процесах іннервації шлунку та системи травлення [28, 29, 30].

В дослідженні наведено особливості впливу бродіння на вміст водорозчинних вуглеводів тіста у процесі виробництва хліба та приведено дані

кількісного визначення вмісту водорозчинних вуглеводів у готових виробах [31]. В ході роботи зроблено висновки про те, що хліб, вироблений із пшенично-сочевичної борошна формує більш різноманітний вуглеводний склад продукту та може покращити засвоюваність пребіотиків, порівнюючи з контрольним зразком, сировиною якого було чисте пшеничне борошно [32].

В даний час доведено, що інноваційні джерела білка можна розробити із залученням нових методів обробки рослинних інгредієнтів [33, 34, 35, 36]. Функціональні характеристики рослинних інгредієнтів також широко відомі, проте потребують додатково вивчення зміни функціональних властивостей цих інгредієнтів в процесі обробки різними протеолітичними ферментами [37, 38]. Процеси, серед яких термообробка і бродіння, можуть впливати на вміст та властивості рослинних інгредієнтів. У даній роботі колективом вчених було проаналізовано вплив на вміст вуглеводів та його зміни, які проходять в пшенично-сочевичному комбінованому борошні в ході бродіння та термічної обробки даної сировини [39, 40, 41].

Сполуки, що інгібують ангіотензин та сприяють переходу ензимів у протеолітичні ферменти, а також каталізують антиоксидантну активність білків, є предметом посиленої уваги дослідників через їх позитивний вплив на здоров'я людей із гіпертонією [42]. Підвищення тиску (100-300 МПа) знаходиться у прямо-пропорційній залежності із активністю савінази, протамексу, та королази відносно до алкалази. Ферментативна обробка при 300 МПа сприяла повному розщепленню білків сочевиці та росту концентрації амінокислот при обробці всіма досліджуваними ензимами. Обробка при 300 МПа із використанням савінази продукував гідролізати сочевиці з максимальною антиоксидантною активністю, що стабілізувалась при емуляції перетравлювання за методом *in vitro* з пепсином. Дані результати доводять потенціал обробки високим тиском в застосуванні для виготовлення біоактивних пептидів з білків сочевиці шляхом ензимативного протеолізу.

Сире і варене борошно сочевиці та ізолят сочевичного білку обробляли із застосуванням методів однокомпонентного, мультиферментного,

двоступеневого послідовного або комбінованого гідролізу із використанням однофазних монокомпонентних систем [43]. Рівень засвоюваності білка *in vitro* складав 22,3 та 94,4%, що свідчить про ріст даного показника в дослідній групі.

Встановлено функціональні характеристики альбумінів, глобулінів і сочевичного крохмалю [44, 45, 46]. Також проведено дослідження впливу додавання білків в розчини крохмалю на доступність білків для впливу трипсину та реологічні характеристики розчинів. Альбуміни демонстрували більшу піноутворюючу здатність та час осідання піни відносно до аналогічних значень глобулінів. Глобуліни для обох груп демонстрували вищі значення емульгуючих властивостей, ВУЗ та ВЗЗ у порівнянні з альбуміновими білками. Також глобуліни усіх груп демонстрували вищу концентрацію серину, аспарагінової кислоти, метіоніну, аланіну, валіну, проліну та лізіну, а також нижчу концентрацію глютаміну, цистину та аланіну, порівнюючи з альбумінами.

В роботі колективу з Туреччини велика увага присвячена біохімічним змінам, що проходять під час ензимної обробки бобових та зміни деяких функціональних характеристик [47]. Окрім біохімічних змін в процесі обробки ензимами бобових, в готовому (обробленому ензимами) виробі містяться ензими, які мають позитивний вплив на життєдіяльність людини та основні показники роботи серця [47]. Це демонструє, що компоненти, відповідальні за вплив на здоров'я у оброблених бобових, можна поділити на дві групи – інгредієнти, чий позитивний вплив є наслідком вмісту поліфенолів, та компоненти, де аналогічний вплив є наслідком присутності пептидів.

Метаболічний синдром є обумовлений комплексом серцево-судинних чинників ризику, що передбачає ожиріння, дисліпідемію, гіперглікемію та гіпертонію [48]. Бобові включають в свій склад пептиди та фенольні інгредієнти, що мають можливості інгібувати ензими, серед яких ангіотен-перетворюючий ензим, альфа-глюкозидаза та альфа-амілаза, а також панкреатична ліпаза, які здатні уповільнювати розвиток метаболічного синдрому. Гідроліз та ферментативна обробка застосовуються для збільшення кількості вільних

пептидів та фенольних інгредієнтів з компонентів бобових, що підвищує їх біологічну цінність та ефективність впливу. Активність розчинних форм щодо інгібування факторів, пов'язаних із регуляцією ангіогенін-трансферази (ензим, що грає ключову роль в розвитку онкології при змінах в його секреції), створення умов для розвитку інфаркту міокарда, доступність глутамін-талігін-пероксидази встановлювали за методом *in vitro*. Внаслідок досліджень встановлено, що послідовний гідроліз за допомогою *Lactobacillus plantarum* та вплив савінази демонстрували аналогічний вплив на пептиди, але в цих зразках простежувалась вища сукупність пептидів у 1 мл екстракту, в порівнянні з використанням *Lactobacillus plantarum*.

Ефекту процесів ферментації та протеолізу на антиоксиданту активність зернових та бобових культур присвячено публікацію вчених з Іспанії та Італії [49]. Головна роль антиоксидантних інгредієнтів у подовженні терміну зберігання готових продуктів, а також в формуванні позитивного впливу на здоров'я у комбінації з ростом вимог споживачів щодо синтетичних інгредієнтів ставить вимоги до науковців присвятити увагу на використанні антиоксидантів, що містяться в харчових продуктах або утворюються в результаті метаболізму мікрофлори та в ході протеолізу. Разом із цим було встановлено, що біологічно активні сполуки білкової природи, сформовані в результаті мікробного та грибкового ферментолізу, створюють захисний бар'єр проти окислення.

З метою визначення впливу протеолізу на властивості білка, концентрат горохового білка (КГБ) обробляли ферментом *Lactobacillus plantarum* протягом 11 годин та вимірювали загальний вміст таніну та фенолу, активність інгібітора гідролізу ферментів, амінокислотний склад і доступність до перетравлювання білка. Результати свідчать про те, що, хоча протеоліз є дієвим способом зниження вмісту нехарчових інгредієнтів у концентраті горохового білка, варто дослідити можливість підбору альтернативних мікроорганізмів, що перетворює сірковмісні амінокислоти в меншій мірі, ніж *L. plantarum*.

При підборі рослинної сировини, яка була б представлена на ринку, але в той же час мали високий вміст білку, зазвичай пріоритет надають

використанню родини бобових. Одним із широко представлених у промисловості представників даної сировини з точки зору застосування у переробці м'яса є соя та її похідні. Але, розумним кроком було б одночасно з цим розглянути альтернативні джерела білку [50].

Важливою особливістю застосування бобових у харчовій промисловості є дослідження зібраних даних та практик щодо використання цієї сировини в традиційних способах виробництва. Актуальною з огляду на наведені дані є робота дослідників з Ефіопії – країни, в якій споживання нуту є базовим методом збагачення раціону населення білком [51].

Предметом дослідження, представленого у виданні *Plant foods for human nutrition*, виступали процеси протеолізу та їх корегування для борошна з різних сортів нуту [52]. Окрім високої енергетичної цінності та вмісту вітамінів бобові є недорогим джерелом білка. Дана сировина включає в себе також високий вміст мінералів та харчових волокон. Зважаючи на харчову та біологічну цінність, борошно нуту може бути у перспективі залучене в розробку нових продуктів. Вагомий ріст (на 9,5%) рівня доступності білків до емуляції перетравлювання *in vitro* встановлено у бобах сорту Дезі після протеолітичної обробки. У гідролізованих бобах сортів Дезі, Кабулі та Фаба відмічено зміни активності інгібітору трипсину, що становили зниження на 2,7, 1,1 і 4,7% відповідно. Загалом, рівень доступності білка *in vitro* у партіях борошна зростав при зменшенні значень активності інгібітора трипсину. Вологозв'язуюча здатність та здатність до набухання борошна із бобів Кабулі значно зріс в ході протеолізу (на 11,3%). Усі партії обробленого борошна мали значно більші значення жируотримуючої здатності та рівня поглинання жиру, ніж аналогічні значення сирого борошна, що, можна пояснити ростом частки нерозчинного гідрофобного білка.

У роботі колективу з Університету штату Делавер розкрито тему впливу екзогенних протеаз на перебіг ензимативного протеолізу та біологічну цінність зразків кукурудзи [53]. План експерименту включав в себе протеоліз свіжої кукурудзи (із вологістю 27%) екзогенними протеазами, що володіють низьким

діапазоном значень рН максимальної активності для проведення гідролізу. Припущення, яке повинно було довести дослідження - інтенсифікувати гідроліз та підвищити доступність крохмалю для впливу пепсину та трипсину (в умовах *in vitro*), що як правило простежується силосуванні [53]. Вміст розчинного білка та $\text{NH}_3\text{-N}$ знаходились у прямій залежності від рівня гідролізу крохмалю. Та навпаки, питомий вміст проламіну в протеолітично обробленій кукурудзі обернено залежав від протеолізу крохмалю. Ферментація гідролізованої кукурудзи екзогенними протеолітичними ферментами може бути методом створення більшого потенціалу для обробки крохмалю після короткого часу силосування [53].

Робота вчених з Ефіопії мала на меті розробити технологію та оцінити якість сухих в'ялених ковбас з борошна нуту із використанням ферментації [54]. Розглянуто вплив складу суміші (вміст нуту 20 та 30%), тривалості протеолізу (24 години і 48 годин) та тривалості сушіння (7 і 12 днів) на органолептичні, функціонально-технологічні та фізико-хімічні характеристики якості готових ферментованих ковбас. Отримані дані щодо хімічного складу досліджуваних інгредієнтів (у відсотках) готових ферментованих ковбас, що включали у рецептури борошно нуту, варіювався від 25,36 до 30,16 % за вмістом вологи; в межах 29,13 - 31,88% для вмісту білку, за вмістом білків у сировині діапазон становив 17,45 - 23,12. Вміст клітковини становив від 2,68 до 3,38 %, а вміст мінеральних речовин становив 0,060-0,072%. Діапазон 11,83 - 16,67% визначено для вмісту полісахаридів та олігосахаридів і 338,62 - 385,47 ккал $(100 \text{ г})^{-1}$ для енергетичної цінності. Окрім іншого, готові ферментовані ковбаси, виготовлені через змішування м'ясної та рослинної сировини, а також інших видів сировини з 20% борошна з нуту, гідролізованих з тривалістю процесу 48 годин та тривалістю в'ялення та сушіння 12 днів, проявляли достатно позитивний вплив на біологічну цінність та органолептичні характеристики ковбас, виготовлених за розробленою технологією.

У дослідженні, представленому у виданні АПК описано результати визначення впливу загального складу білковмісних інгредієнтів (м'яса конини

та борошна сочевиці) напівкопчених ковбас на основні функціонально-технологічні характеристики та хімічний склад готових виробів [55]. Приведено результати порівняння рівнів амінокислотного складу білків конини, яловичини та свинини. Розглянуто можливість модифікації харчової цінності білоквмісних інгредієнтів напівкопчених ковбас внаслідок взаємного доповнення їх хімічного складу. Конина проявляє менший час перетравлювання у організмі людини, що становить 3-4 години у порівнянні з 20-23 год значення аналогічного показника для яловичини. Конина сприяє зниженню рівня у крові холестеролу, також є потужним модифікатором обміну речовин, сприяє надходженню в організм великої кількості мікроелементів та вітамінів, включаючи тіамін, рибофлавін, нікотинамід, ретинол у кількостях відповідно 0,07 мг, 0,1 мг, 4,2 мг та 20 мг.

З точки зору характеристик рослинної сировини, доцільно розглянути статтю, опубліковану у віснику Львівського національного університету ім. Гжицького [56]. Охарактеризовано хімічний склад сочевиці, що включає в себе білок у кількості 24 - 35%, жир – 0,6-2,0 %, вуглеводи – 48 – 53% та мінеральні сполуки в кількості 2,3-4,4 %. Також у даній роботі та інших джерелах відмічено значний вміст вітамінів групи В у сочевиці [53, 54, 56]. Під час росту насіння сочевиці в ньому також накопичується та утворюється вітамін С. Досліджено перспективи застосування борошна сочевиці в процесах виробництва напівкопчених та варених ковбас. Розроблені зразки, що містили в своєму складі борошно пророщеної сочевиці, продемонстрували вищий вміст білку, менший вміст жиру та зростання кількості біологічно активних сполук, порівняно із зразками контрольної групи. Також відмічено ступінь впливу на біологічно-активні сполуки температури обробки напівфабрикату [56].

Окрім цього, в наведеному вище журналі опубліковано статтю, що описує вплив заміни м'ясної сировини гідратованою білоквмісною харчовою композицією (БХК) у кількості 10-30% на показники якості варених ковбас [57]. Розроблені рецептури ковбас окрім білоквмісної композиції включали в себе також м'ясо птиці механічного обвалювання (15-30%). Доведено, що

заміна основної м'ясної сировини на рівні 20-30% із використанням БХК дає можливість досягнути співставного амінокислотного складу виробу, а додаткове введення м'яса механічного обвалювання веде до зниження вмісту незамінних амінокислот як ізолейцин та валін, що робить його гіршим аналогом у порівнянні з БХК [57].

В умовах кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів НУХТ було досліджено перспективи використання бобових культур у рецептурах м'ясомістких консервів комбінованого складу [58]. Серед особливостей розроблених рецептур можна навести застосування лляної олії та нуту. В рецептурах консервів застосовували м'ясо стегна курчат-бройлерів, свинину напівжирну, нут бланшований в зернах, пасеровані овочі (цибулю ріпчасту та моркву), а також томатну пасту 30%-ву, зелень, спеції. За показниками безпечності розроблені вироби відповідали вимогам нормативної документації, володіючи в той же час вищими органолептичними та функціонально-технологічними показниками. Також застосування нуту та лляної олії позитивно впливало на харчову та біологічну цінність продуктів [58].

Ізолят горохового білку посідає виключне місце поміж рослинних білків, так як володіє достатнім вмістом повноцінних амінокислот, має кращі сенсорні та органолептичні характеристики, ніж більшість видів бобових, а також не містить нехарчових компонентів. Також горох володіє високими характеристиками по утриманню вологи та зв'язування жиру при емульгуванні і є низько алергенним продуктом. Міра засвоєння ізоляту організмом людини складає 94-98% [59]. Оптимальним є використання ізоляту горохового білку в суміші із знежиреним молоком у співвідношенні 1:6-8, що покращує розподіл емульсії в процесі складання фаршу. Також раціональною є гідратація ізоляту горохового білку з тривалістю 24 годин при температурі $(6\pm 2^\circ\text{C})$, що дозволяє досягати більшого напруження зсуву у виробі після термічної обробки та оптимізувати коефіцієнт заміни основної сировини на гороховий білок. Раціональними технологічними режимами переробки ізоляту горохового білку

є: тривалість процесу— 10-15 хвилин, температура— $(82\pm 2)^\circ\text{C}$ та фінальне остигання до $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ [59].

Встановлення частки раціональної заміни основної сировини із використанням гідратованою харчовою композицією (ГХК) є одним із можливих способів використання протеолітичних процесів у технології ковбасних виробів [60]. Використання гідролізатів рослинних білків може бути альтернативою використання низькосортної м'ясної сировини або колагеновмісної сировини у виробництві варених ковбасних виробів. Використання м'яса птиці механічного обвалювання може бути альтернативою рослинним джерелам білка, зважаючи на його не високу собівартість, проте, функціонально-технологічні характеристики виробів, отриманих із використанням даного виду сировини є нижчими за відповідні характеристики варених ковбас, вироблених із використанням гідролізатів рослинного походження [61, 62].

1.2 Основні характеристики протеаз мікробіологічного походження

З проаналізованих даних та публікацій можна зробити висновок про те, що велика частина ензимів мікробіологічного походження за основним субстратом відносяться до ензимів, що впливають на вуглеводи рослинної сировини [63, 64, 65]. Проте, деякі з розглянутих ензимів можуть проявляти активність в ході обробки інших видів сировини - казеїну, соєвого текстурату, білків гороху та інших бобових, а також використовуватись при переробці колагеновмісної сировини [66, 67, 68]. Протеаза ASPN проявляє максимальну активність та спроможна впливати на рослинні білки, але в той же час встановлено її значний вплив в ході гідролізу білків м'ясної сировини у система із вмістом кухонної солі та тривалості процесу 1-3 діб та інтервалах температури $4-8^\circ\text{C}$ [69, 70, 71].

Ензими рослинного походження в основному у м'ясному виробництві представлені такими сполуками, як папаїн, бромелаїн та актинідин. Також все більше представлення отримують ензими, отримані від інших типів сировини,

включаючи імбир (фермент зингібаїн) та водорості. Використання ферментів, отриманих від водоростей мають певні недоліки, зокрема меншу стабільність та зниження активності в ході нагрівання [72]. Бромелаїн є поширеним у м'ясній промисловості, а його оптимум активності складає– 7,5-8,5 рН. Активність бромелаїну збільшується пропорційно до нагріву його до температури (до 65-75 °С). Недоліком цього ензиму окрім досить високої собівартості є також не великий діапазон піків його активності, залежно від рН середовища та загальний не високий рівень його активності. Папаїн досягає піку активності за умов рН середовища 5,0-8,0 та в діапазоні температур, що складає 55-60 ° С¹². Ще з початку 2000-х років дослідження приводять приклади успішної синергетичної взаємодії ферментів мікробіологічного та рослинного походження у процесі обробки м'яса птиці [73, 74, 75]. Даний ефект легко можна пояснити, якщо представити піки активності (умовно усереднені) найбільш широко застосовуваних рослинних та мікробіологічного походження ферментів (для прикладу наведемо папаїн та аспарагінову протеазу, продуковану родом *Candida*, які досліджувались у роботі Соренсена) [76].

Отже, активність даної протеази аспарагінової природи досягає піку при значеннях рН середовища від 3,0 до 4,5 та за температури 30-32 °С. В свою ж чергу пік активності папаїну збігається із згаданим у джерелах [17, 25, 76].

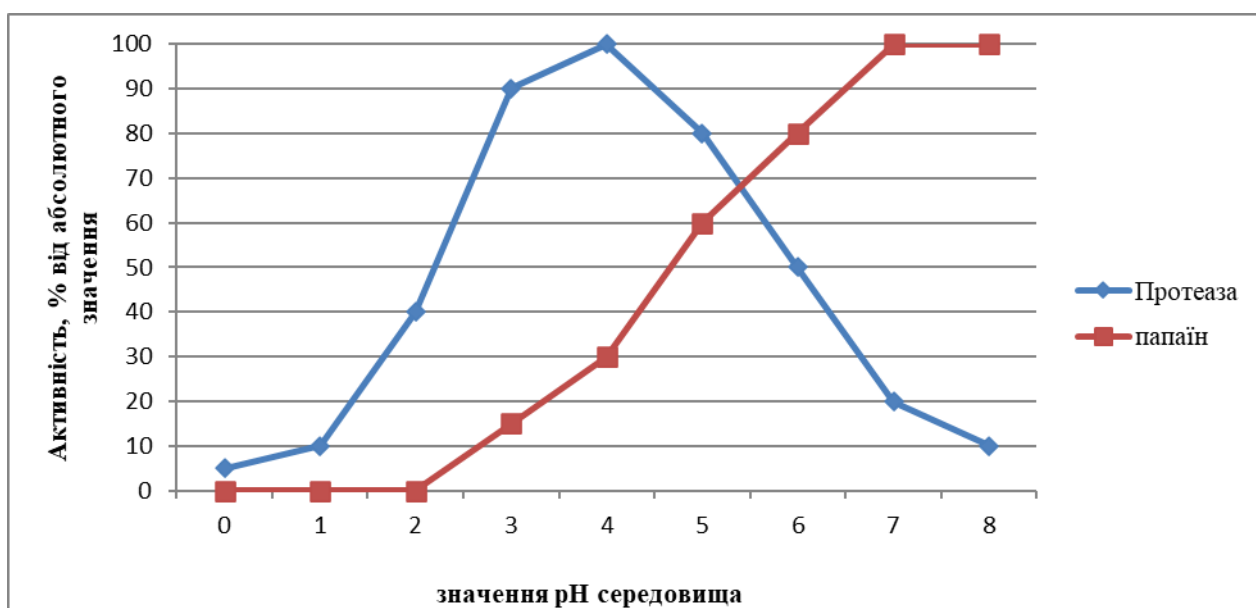


Рисунок. 1.1 – Активність папаїну та протеази *Candida* [76]

Отже, з наведеного рисунку можна зробити висновок про те, що діапазони активності ферментів «перекривають» одне одного, таким чином протеаза мікробіологічного походження зменшує свою активність, проте протеолітичні процеси прискорюються з настанням піку активності протеази рослинного походження. Враховуючи також досить широкий перелік видів мікроорганізмів, що здатні до продукування даного типу ферментів, перспективним є пошук синергетичних пар рослинних (або іншого походження) та мікробіологічних ензимів для кожного виду основної сировини (різний хімічний склад, а як наслідок і різний вміст інгібіторів та амінокислот у сировині можуть значно впливати на перебіг процесу синергетичної ферментації).

Також, як видно з рисунку, утворився так званий «трикутник», який являє собою зону, у якій активність обох видів ферментів набуває значень, як починають впливати (або все ще впливають) на технологічні та функціональні характеристики сировини. В даному випадку такий «трикутник» наближено знаходиться у діапазоні значень рН середовища від 4,5 до 6,5. В перспективі, в разі накопичення достатньої кількості таких синергетичних графіків для обраних пар ферментів різного походження, площа даної ділянки може бути основою для інтегрального розрахунку ефективності процесу ферментації за певних умов.

Виходячи з наведених вище даних, можна зробити деякі висновки щодо доцільності пошуку оптимального співвідношення між різними видами ферментів та основної сировини, яка може бути піддана ферментативному впливу.

1) Попри наявні результати та доведену активність мікробіологічних протеаз роду *Aspergillus* в процесі ферментації м'ясної сировини, перспективним залишається дослідження впливу термічної обробки ферментованого субстрату на основні функціонально-технологічні характеристики готового продукту, а також дослідження впливу протеази

ASPN на продукт, який буде містити в своїй рецептурі як і м'ясну, так і рослинну сировину. Як наслідок – встановити оптимальну рецептуру та режими ферментації комбінованої сировини.

2) Дослідити відмінності між активністю ферменту в залежності від зміни складу сировини, що піддається ферментації. Загальну тенденцію перебігу протеолітичних процесів у білку основної сировини можна простежити, застосовуючи визначення основних функціонально-технологічних характеристик, а також визначаючи різницю у вміст водо- та солерозчинних білків у зразках з різним рівнем введення певної (рослинної або м'ясної) сировини.

Вирішення даних питань, виходячи з конкретних виробничих умов та характеристик реальної сировини, яка зараз присутня на ринку, може привести до економії значної частки ресурсів [78], підвищення біологічної цінності та подовження термінів зберігання готової продукції на основі комбінованої сировини [79].

1.3 Перспективи застосування протеаз роду *Aspergillus* в технології м'ясопродуктів комбінованого складу

Використання екзогенних протеаз для поліпшення консистенції м'яса протягом останніх років викликає великий інтерес. Дані ферменти можуть бути використані для виробництва ніжного м'яса та поліпшення органолептичних характеристик низькосортної сировини [80].

Застосування протеаз мікробіологічного походження в цілому та протеаз роду *Aspergillus* вимагає подальших досліджень, проте відомі декілька напрямків застосування даних видів ферментів. Серед першого способу використання протеаз *Aspergillus* варто виділити ферментативну обробку крохмалю [83].

У дослідженні колективу вчених з університету Акрона (Огайо, США) розглянуто *A. aculeatus*, *A. cinnamonomeus*, *A. foetidus*, *A. phoenicis* і 11 штамів *A. niger* та їх вплив разом з протеазою *T. Reesei* (Rut C30) - іншим відомим продуцентом вуглеводів [84]. Оцінювані вуглеводи включали пектиназу,

полігалактурази, ксиланазу, целлюлазу, α -галактозидазу і сахарозу. Морфологія зростання і профілі рН також були дотримані. Встановлено, що у штамів *Aspergillus* морфологія корелює як з продукцією карбогідрази, так і з профілем зниження рН. Було виявлено, що *A. niger* NRRL 322 і *A. foetidus* NRRL 341 є найбільш сильнодіючими штамми, які розщеплюють максимальний рівень вуглеводів при мінімальному дозуванні протеази при обробці сої [84].

Максимальна активність ендоглюканази була виявлена через 96 год при використанні в якості носія оболонки соєвих бобів (5914,29 U л-1), що в чотири рази вище, ніж при використанні макулатури за того ж часу ферментації. Активність екзоглюканази в шкаралупі сої була максимальною через 96 годин (4551,19 U л-1), що в 9,6 рази вище, ніж у макулатури в той же час. Максимальна активність β -глюкозидази в шкаралупі сої (984,01 U л-1) була досягнута через 96 годин, що в 1,7 рази більше, ніж у макулатури. Крім того, використання шкаралупи сої забезпечило високу об'ємну продуктивність в більш короткі терміни, що може знизити виробничі витрати з урахуванням масштабування процесу в промислових умовах [85].

Перетворення целюлозної біомаси в мономерні цукри є найбільш дорогим і енергоємним процесом виробництва біоетанолу. Холодні активні целюлази, які продукуються психрофільними мікроорганізмами, можуть протистояти цьому обмеженню шляхом гідролізу біомаси при низькій температурі. Збагачення зразків ґрунту, зібраних в Гімалайському регіоні Індії, при 5 ° С і молекулярна ідентифікація виявили значущість типу аскомікоти. Це дослідження доводить потенціал продуценту *A. niger* SH₃ для ефективного гідролізу біомаси при низькій температурі і його придатність для розробки енергоефективного процесу виробництва біопалива [86].

Амінокислотний склад отриманого концентрату соєвого білка був порівняний з вихідної соєвої борошною. Ферменти, які продукують трьома видами грибів, *A. niger*, *Trichoderma reesei* і *Aspergillus aculeatus*, також були оцінені на предмет ефективності використання в цьому процесі [87]. Повний гідроліз вуглеводів із соєвого борошна є складним завданням через присутність

білків і різних типів неструктурних полісахаридів. Це дослідження призначене для керівництва складної ферментної сумішшю, необхідної для гідролізу всіх видів вуглеводів із соєвого борошна. Ферментні бульйони з ферментації *Aspergillus niger*, *Aspergillus aculeatus* і *Trichoderma reesei* були оцінені в цьому дослідженні для гідролізу соєвих вуглеводів. Отриманий гідролізат вимірювали на предмет вмісту солубілізованих вуглеводів як за загальною кількістю вуглеводів, так і з аналізу цукру, що редукує. Моделі корисні для розробки та корегування виробництва оптимальних ферментних сумішей для гідролізу всіх типів вуглеводів, присутніх в соєвому борошні, і для оптимізації конструкції та роботи реактора для ведення гідролізу [88, 89].

Була вивчена придатність субстрату з бананової шкірки для виробництва монопептидного білка (МБ) при обробці протеазою *Aspergillus niger* і утворення амілази. Продукцію окремих пептидів білка та амілази досліджували з використанням субстратів, позначених як бананова шкірка з добавками, бананова шкірка з глюкозою та бананова шкірка. Біомаса білку після обробки протеазою ASPN, рівень утвореної амілази та рН визначалися стандартними методами в процесі перебігу ферментації. Аналіз різних середовищ показав, що навколишнє середовище бананової шкірки з добавками дає найвищий вихід біомаси продукованих пептидів, в той час як найменший вихід зафіксовано для субстрату шкірки з глюкозою після 6 днів ферментації. Найвищий загальний вміст білка був отриманий з середовища бананової шкірки без добавок. Отже, дослідження продемонструвало, що біомаса після обробки протеазою ASPN і продукування амілази можуть бути поліпшені шляхом додавання поживних речовин в бананову шкірку [90].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Аналіз літературних джерел за обраною тематикою засвідчив, що застосування протеаз мікробіологічного походження має перспективи в сфері виробництва м'ясопродуктів. Аргументами на користь цього твердження є нижча собівартість та широкий асортимент протеаз мікробіологічного походження, а також можливість регулювання інтенсивності ферментативної обробки сировини.

2. Розглянуті публікації щодо використання ензимів для удосконалення процесу ферментації м'ясної та рослинної сировини, включаючи дослідження можливості комбінованої (спільної) обробки даних видів тваринної та рослинної сировини з різним хімічним складом.

3. Зважаючи на ефективність протеаз мікробіологічного походження *Aspergillus* в обробці рослинної сировини, варто проводити пошук субстратів рослинного походження для проведення ферментативної обробки комбінованих систем та пошук оптимальних режимів комбінованої (спільної) ферментативної обробки м'ясної та рослинної сировини.

4. Визначено, що використання екзогенних протеаз мікробіологічного походження може позитивно впливати на функціонально-технологічні характеристики м'ясної сировини, зменшуючи кількість відділеної в ході обробки та зберігання вологи, а також покращуючи органолептичні показники.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Роботу виконано на базі Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій, а також на базі Кафедри технології м'яса та м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій. Апробацію результатів досліджень та частину дослідної роботи проведено на підприємствах харчової промисловості України – ТОВ «Верест», ТОВ «Наша», а також ТОВ «Інтерстарч Україна».

Об'єктами досліджень використано наступну сировину та матеріалів:

- М'ясо курчат-бройлерів за ДСТУ 3143:2013 «М'ясо птиці. Загальні технічні умови».
- Суха молочна сироватка за ДСТУ 4552: 2006 «Сироватка молочна суха. Технічні умови».
- Нут за ДСТУ 6019:2008 «Нут. Технічні умови».
- Сочевиця за ДСТУ 6020:2008 «Сочевиця. Технічні умови».
- Вода за ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».
- Крохмаль модифікований за ДСТУ 4380:2005 «Крохмаль модифікований. Загальні технічні умови».
- Борошно з твердих сортів пшениці. ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови».
- Борошно кукурудзяне тонкого помолу за ГОСТ 14176-69.
- Кукурудза в зернах за ДСТУ 4525: 2006 «Кукурудза. Технічні умови».
- Олія соняшникова за ДСТУ 4492: 2005 Олія соняшникова. Технічні умови.
- Сіль кухонну за ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 13830-97) «Сіль кухонна. Загальні технічні вимоги».
- Перець чорний мелений за ДСТУ ISO 959-1:2008 «Перець (*Piper nigrum* L.) горошком чи змелений».
- Протеаза *Aspergillus niger* ТМ “BioCat ASP – Acid Stable Protease”
- Протеаза мангольда *Beta vulgaris subsp. vulgaris var. Vulgaris*

- Папаїн «Full Spectrum Optimum Enzymes, Bluebonnet Nutrition»
- Олія кукурудзяна за ДСТУ ГОСТ 8808: 2003 «Олія кукурудзяна. Технічні умови».
- Олія ріпакова за ДСТУ 8175:2015 Олія ріпакова. Технічні умови.
- Сухарі панірувальні за ДСТУ 8708:2017 «Сухарі панірувальні. Загальні технічні умови».

2.1 Вибір методів фізико-хімічних досліджень

Методи вимірювання вологозв'язуючої здатності м'ясної сировини. Існує безліч аналітичних методик, які дуже точно вимірюють динаміку вмісту вологи та її стану в біологічних системах. Тим не менш, багато методів, такі як вимірювання за допомогою осмотичного тиску, відносного тиску пари над продуктом, ізотерми адсорбції, вміст розчиненої та нерозчиненої води, диференційний термічний аналіз і визначення активності води, дають відмінні дані по деяким аспектам вмісту вологи, але не можуть гарантувати кількісні або якісні дані, безпосередньо пов'язані з ВЗЗ. Методи та техніки вимірювання ВЗЗ, які визнані в якості найбільш достовірних і простих у використанні рядом досліджень, потребують детального ознайомлення та порівняння в ході побудови експерименту. Таким чином, можна виділити наступні методи вимірювання ВЗЗ: гравіметричний, застосування зовнішньої сили (тиску), застосування відцентрової сили, відділення вологи під дією тепла. 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 *волоγοутримуючої* 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 споживачем [91].

Гравіметричні методи визначення ВЗЗ є одними з найпростіших методів, при яких втрата вологи відбувається та вимірюється 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 [92].

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 часу [93].

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 вираження [94]. 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 Кауффмана), важливим є наявність правильного відбору контрольних зразків.

Методи, що ґрунтуються на використанні вплив відцентрових сил. При застосуванні даного методу, важливими є дотримання певних аспектів підготовки зразків. Зокрема, оскільки центрифугування відбувається поступово і не усі апарати мають можливість розвивати робочу кількість обертів за достатньо короткий проміжок, є певна кількість обмежень у використанні такого методу – при дослідженні сировини із дуже високим вмістом вологи, можливі занижені значення відділеної вологи (частина вологи відділиться ще до досягнення робочих швидкостей центрифуги і видалиться зі стакану у вільний простір) [95]. Інше обмеження полягає у правильній підготовці та внесенні у робочий простір зразків. В разі надмірно щільного утрамбовування наважки у стакан центрифуги, можливе створення надмірного тиску ще до запуску центрифуги, що в свою чергу приведе до аналогічної втрати частини відділеної вологи.

Серед переваг методів визначення ВЗЗ із застосуванням відцентрових сил можна назвати: швидкість (не більше 60 хвилин, в залежності від часу роботи

центрифуги), можливість обробляти кілька проб одночасно, відносна простота і легкість у виконанні. Існує декілька методів центрифугування, які можна застосовувати для різного типу м'ясопродуктів.

Обмеження: Потрібні деякі знання історії зразка (час відбору, рН і умови пакування). Високошвидкісна центрифуга необхідна для отримання відтворюваних кореляцій, в той час, як низькошвидкісні методи потребують застосування спеціальних центрифужних пробірок, щоб отримати кращі кореляції з гравіметричними методами. Обмежено таким же чином, як і метод друку на фільтрувальної папері.

Таблиця 2.1 – Порівняння методів вимірювання ВЗЗ в м'ясній сировині

| Назва методу | Гравіметричний | Зовнішні сили | Відцентрові сили |
|---------------------------------------|---|--|--|
| Час вимірювання | 12-24 год | 10-60 хв | 15-120 хв |
| Точність | Низька | Середня | Висока |
| Обмеження типу досліджуваної сировини | Сировина з низьким вмістом механічно зв'язаної вологи | Сировина з високим вмістом хімічно зв'язаної вологи | Сировина з високим вмістом вологи |
| Переваги | Універсальність, простота | Швидкість, досить висока точність | Найвища точність, швидкість вище середньої |
| Недоліки | Низька точність, обмеженість застосування | Руйнування зразка, відмінності при різних методах розрахунку | Складність, обмеженість застосування |

Застосування тепла для визначення ВУЗ. Термічна обробка для визначення втрати вологи реалізує абсолютно інший підхід до визначення функціональних властивостей в порівнянні з методами вимірювання у зразках свіжого м'яса. Величина втрати ваги майже для всіх методів термічної обробки може бути визначена з результатами, які безпосередньо відносяться до виходів при варінні. Доступні численні варіанти невеликих лабораторних методів, які добре пов'язані з виходом з печі або копильні свіжих або додатково оброблених продуктів. Багато дослідників використовували цільні стейки або

відбивні з м'яса, щоб визначити відсотку втрат при термічній обробці в якості показника ВЗЗ. Проте, необхідно врахувати вибірку актуальних даних, тобто міру того, наскільки репрезентативним є співвідношення втрати води при термічній обробці до загальної кількості води, яка спочатку була присутня в зразку м'ясної сировини. По-іншому дане твердження можна сформулювати так – важливо встановити, у яких саме контрольних точках відбувались втрати вологи у зразку м'ясної сировини. Здебільшого, можна виділити такі точки, у яких можлива втрата вологи (якщо вважати початковою точкою етап завершення формування якості охолодженого м'яса – 2-4 год після завершення обвалювання півтуші з температурою в товщі м'язів 4-6 °C) – транспортування, розпаковування, дозрівання, подрібнення, термічна обробка та остигання. Якщо так, то показник ВЗЗ завищений і є ненадійним джерелом інформації про характеристики продукту.

Серед переваг даного методу можна назвати наступні: пряме галузеве застосування, даний метод часто виконується для відстеження виходу та втрат при зберіганні продукту (але не завжди ці втрати пов'язані лише з ВЗЗ), обчислення знайомі для багатьох операцій, а дані можуть оброблятися в електронному вигляді. Досить швидко і забезпечує гарне ставлення до продукту, коли збирається у великих кількостях, таких як готові партії копченого продукту.

Обмеження: Час нагріву і кінцеву температуру важко зіставити з тимчасовими / температурними умовами для великих шматків. Необхідно підтримувати якомога більше змінних обробки, приготування та охолодження, щоб підтримувати точність і акуратність.

Протягом багатьох років дослідники шукали універсальний метод ВЗЗ, але на сьогоднішній день цей метод залишається важко досяжним [95, 96]. Методи, описані в даному розділі, широко використовуються для оцінки та співставлення рівнів ВЗЗ м'ясопродуктів, залежно від різних умов та поставлених цілей проведеного аналізу. Проте, далеко не всі з цих методів будуть вважатися швидкими, доречними для реалізації та мають потенціал для

надання промисловості можливості приймати рішення про класифікацію, відбір, сортування та рівень функціональності в реальному часі для м'ясної сировини. Таким чином, для визначення ВЗЗ доцільно застосовувати метод, що відповідає трьом критеріям – універсальність сфери застосування, простота проведення досліджень та аналізу результатів, а також швидкість отримання результату. Усім наведеним методам відповідає більш методів, що вимагають застосування зовнішніх сил і найбільш широко використовуваним є метод пресування. Внаслідок проведеного порівняння, в якості основного методу прийнято визначення ВЗЗ методом пресування.

Визначення вологосв'язувальної здатності фаршів та готових виробів проводили методом пресування [97].

Органолептична оцінка січених напівфабрикатів проводилась згідно ДСТУ 4823.2:2007 [106].

Визначення вмісту вологи [107]. Масову частку вологи визначали шляхом висушування дослідних зразків у сушильній шафі при $t=103\pm 2^{\circ}\text{C}$ [107].

Визначення рН фаршу та готових виробів [108]. Визначення рН фаршу та готових виробів проводили на лабораторному рН-метрі. Величину Н визначали у водяній витяжці, отриманій при екстрагуванні фаршу сирого або готового продукту в співвідношенні з розчинником (водою) 1:10.

Визначення виходу і втрат при термообробці м'ясних виробів [109]. Вироби до термічної обробки зважували на технічних вагах з точністю 0,01 г. Після термічної обробки вироби охолоджували і зважували.

Визначення вмісту білка за допомогою біуретового реактиву [110].

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 [111]. Вміст кухонної солі у ковбасних виробках визначають титруванням іону хлору у водяній витяжці із продуктів азотнокислим сріблом, використовуючи як індикатор хромово-кислий калій.

Визначення напруження зсуву і ефективної в'язкості за допомогою віскозиметра Воларовича [113].

Методи мікробіологічних досліджень. Пробу використовували для виявлення життєздатних спорових форм МАФМ. Для цього в 2 пробірки з тіогліколевим середовищем, а також в 2 пробірки з середовищем Кітт-Тарроці вносили по 1г усередненої проби стерилізованого продукту[114].

Посіви для виявлення мезофільних мікроорганізмів інкубували при температурі 30°C протягом 5 діб. Для виявлення пліснявих грибів та дріжджів у 2 пробірки з бульйоном Сабуро вносили по 1г консервованого продукту. Посіви інкубували при температурі 22°C протягом 5 діб.

Для виявлення молочнокислих мікроорганізмів по 1 г середньої проби консервованого продукту вносили паралельно у 2 пробірки з середовищем Блікфельдта. Посіви інкубували при температурі 30°C протягом 5 діб.

Під час інкубування проводили щоденне спостереження за появою ознак розвитку мікроорганізмів.

Визначення вмісту білку методом Кьельдаля [113] – один з найбільш поширених методів аналізу. Він дає точні результати, але дуже трудомісткий та тривалий. Суть методу полягає в тому, що аналізований зразок окиснюють гарячою концентрованою сірчаною кислотою; в процесі окислення зв'язаний азот перетворюється на іон амонію

Визначення активності води [114]. Активність води є важливим показником, який дозволяє формувати уявлення про потенціал до росту мікрофлори у продукті та прогнозувати тривалість зберігання готових виробів. Активність води доцільно вимірювати за допомогою універсальних аналізаторів типу Rawkit портативного типу.

2.2 Загальний план експериментальних досліджень

Згідно проведеного літературного огляду визначено основні об'єкти досліджень та розроблено план дослідження, представлений у вигляді схеми рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальний план досліджень

Математико-статистична обробка проводилась відповідно до методів регресійного аналізу, шляхом визначення та відсіювання значень за критеріями Кохрена та Стюдента з довірчим значенням останнього – 0,95. Побудова більшості експериментів здійснювалась за допомогою планування повнофакторних експериментів, вимірювання проведені в п'яти повторах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

З даних, наведених у розділі 2, можна сформулювати наступні висновки:

1. Обрано показники, які виражатимуть вплив обробки на характеристики сировини та готового продукту – ВУЗ, ЖУЗ, ВЗЗ, значення рН водної витяжки, вміст соле- та водорозчинних білків, загальний вміст вологи, пластичність фаршу.

2. Описано методи фізико-хімічних та функціонально-технологічних досліджень. Для вимірювання ВЗЗ застосовують метод пресування, значення ВУЗ та ЖУЗ вимірюють за допомогою жироміра, значення рН водної витяжки вимірюють потенціометричним методом, пластичність вимірюють методом пресування, вміст соле- та водорозчинних білків вимірюють методом калібрувальних графіків та оптичного дослідження, загальний вміст вологи встановлюють арбітражним методом.

3. Представлено загальну схему досліджень, що передбачає чотири етапи – дослідження сировини, її вибір з точки зору впливу на неї ферментного препарату; дослідження характеристик сировини після термічної обробки та вибір оптимального її виду; розробка рецептур напівфабрикатів та уточнення схеми термічної обробки, встановлення режимів інактивації та ферментації сировини; дослідження та вибір рослинної сировини, встановлення рівня її гідратації та способу підготовки; внесення правок та коректувань в розроблену технологічну схему та апробація отриманих результатів.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОТЕЙ М'ЯСНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

3.1 Вибір та характеристики основної сировини

Об'єктом досліджень є м'ясо курчат бройлерів та протеаза мікробіологічного походження, що продукується грибами виду *Aspergillus niger* (надалі в тексті – ASP).

Згідно плану експерименту досліджували 5 зразків фаршу білого м'яса курчат бройлерів (подрібнення 2-3 мм), що відрізнялись рівнем введення ферменту. Концентрація внесеного ферменту (протеази ASP) для зразків I-IV відповідно складала 30, 50, 70 та 90 мг ферменту на кожні 100 г комбінованого фаршу. В якості контролю використано зразок, дозрівання якого проводилось без додавання ферменту. Оброблення усіх зразків проведено протягом 1 і 2 діб за температури 4-6°C. На старті протеолізу та після 1 та 2 діб обробки було виміряно значення фізико-хімічних показники зразків.

Таблиця 3.1 – Характеристики фаршів м'яса курчат-бройлерів в часі дозрівання з внесеною протеазою ASP

| Назва | рН | ВЗЗa,% | ВУЗ, % | ЖУЗ, % | Вміст вологи, % | Показник оптичної густини водних розчинів білків, од. | |
|--------------------------------------|------|--------|-----------|-----------|-----------------------|--|--------------|
| | | | | | | Солерозчинні | Водорозчинні |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Без дозрівання (фон) | | | | | | | |
| Контроль | 6,05 | 54,82 | 47,4 | 72,0 | 73,15 | 92 | 91,5 |
| На першу добу (24 годину) дозрівання | | | | | | | |
| Контроль | 6,20 | 73,60 | 48,70 | 67,50 | 74,34 | 91 | 92 |
| Зразок I | 6,40 | 74,75 | 54,30 | 66,80 | 75,60 | 89 | 95 |
| Зразок II | 6,50 | 73,50 | 53,90 | 69,20 | 73,82 | 94 | 96 |
| Зразок III | 6,50 | 70,10 | 55,50 | 65,50 | 74,32 | 92 | 94 |

Продовження табл. 3.1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|----|----|
| Зразок IV | 6,55 | 69,85 | 57,10 | 68,40 | 75,42 | 91 | 93 |
| На другу добу (48 годину) дозрівання | | | | | | | |
| Контроль | 6,70 | 63,74 | 50,20 | 70,20 | 77,32 | 87 | 86 |
| Зразок I | 6,55 | 74,92 | 54,80 | 74,10 | 77,82 | 89 | 85 |
| Зразок II | 6,60 | 75,50 | 56,40 | 73,30 | 78,54 | 87 | 88 |
| Зразок III | 6,60 | 73,80 | 57,30 | 71,00 | 78,05 | 89 | 86 |
| Зразок IV | 6,80 | 74,20 | 59,80 | 74,40 | 76,25 | 88 | 89 |

З приведених в табл. 3.1 даних видно, що контрольне значення характеристик фаршу з білого м'яса курчат-бройлерів знаходилось в діапазоні характерному для даної сировини [70, 133]. В процесі впливу автолітичних процесів зразок без застосування ферментації (контроль) показував типову зміну значень досліджуваних показників. Після 24 години автолізу проходило зростання значень ВЗЗ_а на 34,2%, не вагоме зростання значення ВУЗ на 2,7%, при пониженні ЖУЗ більше ніж на 6%, разом з тим після 48 годин автолізу показник ВЗЗ_а контрольного зразка порівняно з 24 годинами дозрівання зменшився на 13,4%, а ВУЗ зріс на 5,9% порівнюючи з контролем і відбулось наближення рівня значень ЖУЗ до контрольного [70].

Показники вмісту у масі зразків соле- та водорозчинних білкових речовин у контрольному зразку знаходились на вищому рівні на 48 годину дозрівання, порівняно з контролем, а різниця становила 5-5,5 одиниць оптичної густини. Це свідчить про зростання вмісту розчинних білкових речовин через вплив нативних автолітичних процесів у м'ясі курчат-бройлерів, що співставно зі змінами рН на етапах дозрівання як для фону, так і зразків з застосуванням протеази ASP.

Для модельних зразків з застосуванням протеази ASP порівняно з контролем на 24 годину оброблення значення ВЗЗ_а при внесенні 30 мг ферменту були вищими ніж у фонового. При більшій концентрації ферменту

на перші 24 год ферментації ВЗЗа дещо нижче за контрольне значення. Проте по ефективності зростання значень ВУЗ, тобто росту термостабільності зразків застосування протеази демонструє достовірну тенденцію до зростання на 12,1-17,2% . По ЖУЗ таке зростання становило на 24 годину обробки 2,0-2,5% [70].

Для дослідних зразків на 48 годину обробки, порівняно з фоном, зростання ВЗЗа склало відповідно від 16,4 до 18,4%, значення ЖУЗ на 1,1-5,9%, а ВУЗ зросло на 9,1-19,1%. В той же час динаміка вмісту частки соле- і водорозчинних білкових речовин фаршів за показником оптичної густини на 48 годину дозрівання вирівнювалась з контролем і варіювання даного показника коливалось в межах 1-2 одиниць.

Аналіз літературних джерел та проведена робота доводять ефективність зростання за рахунок впливу протеази ASP мікробіологічного походження на функціонально-технологічні характеристики білого м'яса курчат-бройлерів. Встановлено, що при додаванні у фарш з м'яса курчат-бройлерів протеази ASP в концентрації від 30 до 90 мг на 100 г сировини досягається ріст значень характеристики ВУЗ на 9,1-19,1% та ЖУЗ на 1,1-5,9%, що дає можливість ефективного корегування значень функціонально-технологічних характеристик продукту за рахунок зміни концентрації ферменту і часу обробки.

За планом експерименту було вироблено по 5 зразків для протеолітичної обробки яловичини першого сорту, свинини нежирної та стегнової частини м'яса курчат-бройлерів. В усіх групах зразків (окрім контролю) проводили обробку протеолітичним ферментом у концентраціях 15, 30, 45 та 60 мг/г [70]. Контрольні зразки сировини не передбачали додаткового внесення протеаз. Усю сировину подрібнювали на вовчку з діаметром решітки 6 мм та перемішували з кухонною сіллю у співвідношенні 1000:25. Після цього фарші витримували за температури 5 °С протягом 48 годин. Після проведення процесу ферментативної обробки у зразках вимірювали наступні функціонально-технологічні показники: вологоутримуючу (ВУЗ) та жирутримуючу (ЖУЗ) здатність м'ясних фаршів, рН водної витяжки сировини, вміст вологи. Відповідно до збільшення концентрації внесення ферменту (від 0 до 60 мг/г)

кожна група зразків позначена індексами від 1 до 4 із зазначенням літери, що позначала вид сировини. Відповідно до застосовуваної сировини, кожній групі зразків надано літерний індекс: Я – для зразків із яловичини, К – зразки із м'яса курчат-бройлерів, та С – зразки, що містять свинину. Отже, наприклад, КК – контрольний зразок на основі м'яса курчат-бройлерів, а 3С – зразок на основі свинини з рівнем введення протеази 45 мг/г. Усі дослідні зразки без застосування протеази мали характерний рівень рН зважаючи на вид м'ясної сировини та рівень внесення кухонної солі. Але, рівні значень рН зразків на основі свинини та яловичини знаходились на нижчому за традиційний рівнях (відповідно 5,50 та 6,10), що може бути наслідком порушень перебігу автолітичних процесів. У зразках з внесенням протеази простежувалась тенденція до стабілізації значення рН відповідно до збільшення концентрації ферменту в системі [70]. Максимальні відхилення значення рН зафіксовані для зразків 1С та 1К, відповідно 5,55 та 6,70. Однак в цілому при використанні протеази в заданих концентраціях суттєвих змін рН не спостерігалось. Вміст вологи в усіх зразках ферментованого м'ясного фаршу знаходився в межах 60-80% і залежав в першу чергу від виду м'ясної сировини. Максимальне значення вмісту вологи зафіксовано у зразку 4К (79,47%), а мінімальне – у зразку 2Я (63,82 %) [70, 71]. Найбільший вплив на вміст вологи досліджувана технологія проявила на зразки на основі свинини – різниця між крайніми значеннями у цій групі становила 5,30 %. Вологоз'язувальна здатність для всіх зразків, де в якості основної сировини було використано свинину та м'ясо курчат-бройлерів, при внесенні ферментного препарату була вищою ніж у контролі. При цьому максимальне значення ВЗЗ спостерігалось при концентрації протеази на рівні 45 мг/г. Для ферментованого фаршу з яловичини ефективною зміни значень ВЗЗ порівняно з контролем без внесення протеази не спостерігалось, що вказує на неефективність дії даної протеази на білки яловичого фаршу. Вологоутримуюча здатність (ВУЗ) в групах зразків на основі м'яса курчат бройлерів та свинини аналогічно до зміни значень ВЗЗ пропорційно залежала від кількості введення протеази. Максимальне значення зафіксовано у зразку 4К – 69,75%. Для

ферментованих зразків яловичого фаршу спостерігалось погіршення значень ВУЗ, порівняно з контролем, при збільшенні концентрації протеази. групи Я (на основі яловичини) можна відмітити обернену залежність значень ВУЗ від концентрації протеази [70, 71].

Зміна значень жирутримуючої здатності для всіх варіантів ферментованого м'ясного фаршу збільшувалась при збільшенні концентрації протеази в складі фаршу. Однак найбільше це збільшення проявилось для свинини і яловичини, відповідно 5,90% і 5,09%. Для ферментованого м'яса курчат-бройлерів збільшення ЖУЗ було на рівні 3,51%. З отриманих результатів видно, що яловичина піддається меншому впливу ферментації за умови внесення 2,5% кухонної солі з використанням протеази мікробіологічного походження, продукованої *Aspergillus niger* та тривалості процесу 48 год при температурі 5°C. Це може бути пояснено більшою часткою в складі яловичини сполучнотканинних білків. Білки яловичини містять набагато більше колагену, який (в свою чергу) містить сульфідні зв'язки, які є більш стійкими до протеолізу під впливом більшості ферментів, окрім специфічних їх видів, таких, як колагеназа. Слабкий вплив ферменту на яловичину можна пояснити гіпотезою про те, що даний вид протеаз не проявляє мономеризаційної активності відносно сульфідних зв'язків, які наявні у сірковмісних амінокислотах яловичини [71, 128]. З іншого боку, зразки, в рецептурі яких використано м'ясо курчат-бройлерів та свинину проявили прямо пропорційні залежності більшості функціональних характеристик від концентрації протеази в системі. Різницю у величині відносних змін кількісних значень показників дослідних зразків найбільш чітко можна асоціювати із видом сировини, який складав рецептуру тієї чи іншої групи зразків. Зразки ферментованої яловичини продемонстрували стабільний рівень функціональних показників. Це виключає негативний вплив внесення протеази даного виду на обрану м'ясну сировину, проте, в практичних умовах ставить під питання доцільність застосування цього ферменту у складі фаршів зі значною часткою яловичини. Проте, одночасно з цим, дана властивість дозволяє при

певних умовах використовувати яловичину в якості регулятора консистенції продукту, комбінуючи її з м'ясом птиці та свининою, які ефективно піддаються впливу протеази мікробіологічного походження [71]. Зважаючи на високу активність протеази, продукованої *Aspergillus niger* при обробці рослинної сировини (що власне і є її традиційною галуззю застосування), перспективним є пошук ефективних способів комбінування дослідженої м'ясної сировини та рослинних білоквмісних препаратів для моделювання і регулювання текстури м'ясних і м'ясомістких продуктів, в тому числі зі значною часткою сполучнотканинних білків [71, 72]. Традиційно даний вид протеаз використовується для ферментації білоквмісної рослинної сировини - соєвого та пшеничного борошна, а також проявляє активність при коагуляції білків молока. Отже, протеаза, що продукується *Aspergillus niger*, може бути використана при виробництві комбінованих продуктів або для створення технологій безвідходного циклу. Проте, до переліку обмежень входять такі сторони питання: слабкий вплив даної протеази на яловичину, сумісність ферментативних процесів при обробці фаршевої системи на основі різних видів сировини (включаючи не лише м'ясу, але й рослинну або на основі молокопродуктів). Перспектива залучення в якості додаткового джерела амінокислот та регулятора біологічної цінності продуктів молока та продуктів його переробки розкрита в роботах вітчизняних науковців. Зокрема, встановлено та доведено позитивний вплив введення молочної сироватки на показники м'ясних напівфабрикатів [71, 134, 135]. Тому, дані питання потребують подальшого дослідження. З отриманих результатів можна зробити висновок про те, що протеаза мікробіологічного походження проявляє комплексний вплив на хімічні зв'язки у молекулах білка свинини та м'яса курчат-бройлерів. Даний вид ферментів доцільно використовувати при обробці свинини та м'яса курчат-бройлерів, досягаючи при цьому максимальних технологічних характеристик при посолі кухонною сіллю з внесенням протеази *Aspergillus niger* в кількості 45 мг/г м'ясної сировини.

3.2 Вибір та характеристики допоміжної сировини

Згідно з обраною тематикою досліджень, малодослідженою частиною питання щодо впливу обробки сировини протеазою мікробіологічного походження залишається вплив даного виду ферментів на основні характеристики рослинної сировини. Згідно отриманих результатів у попередніх етапах досліджень, позитивних результатів вдається досягти, застосовуючи зокрема комбінування рослинної сировини з клітковиною та білково-жировими емульсіями. Серед додаткових переваг такого підходу до розробки рецептур можна назвати такі: висока пластичність фаршу (як наслідок в процесі термічної обробки вироби зберігають задану форму), зниження втрат при термічній обробці, відносно низьку собівартість обраної рослинної сировини, розширення асортименту даної сировини.

Виходячи з основних фізико-хімічних характеристик, доцільно вибирати серед таких видів рослинної сировини – кукурудза, нут та сочевиця. Згідно плану дослідження всі три групи зразків, розподілені за сировиною, було додатково розподілено на 4 зразки в кожній. Кожен з цих чотирьох зразків відповідно піддавали різним видам обробки. Зразки включали в себе (для кожної групи за сировиною) – контрольний зразок, зразок сировини, яка пройшла попередню термічну обробку, ферментовану сировину та зразок, який піддавали впливу протеази після термічної обробки. Усі зразки, які не проходили термічну обробку на початковому етапі, проходили її після ферментації, або на після першого етапу відбору проб. Зважаючи на низький вміст вологи в відібраних сирих крупах, було прийняте рішення проводити гідратацію даного виду сировини.

Усі види круп подрібнювались до розміру часток 10-13 мм, після чого у шрот вносили воду масою 1,5 частин маси продукту. Такий рівень гідратації обумовлений тим, що розрахунковий вологовміст, який повинен бути досягнутий після даної операції, наближається до вмісту вологи у більшості видів м'ясної сировини. Таке зрівнювання часток вологи у субстратах та м'ясній сировині має на меті дати можливість дослідити специфічність дії

обраної протеази. Отже, при однаковому рівні введення протеази та однаковому часі та режимах ферментації, можливо зробити висновки про те, наскільки змінюється активність протеази ASP при обробці рослинної сировини. Термічна обробка проводилась у різній послідовності залежно від типу зразка – для одних зразків термічна обробка була проведена до внесення протеази, для інших зразків – після. Для варіння усіх видів зразків використовували парову баню з температурою пари 90 °С. Тривалість термічної обробки становила 60 хв. Ферментацію проводили аналогічно до описаного у попередньому пункті (для м'ясної сировини) способу – за температури 4-6 °С протягом 2 діб після внесення протеази.

Вимірювання усіх показників проводили після остигання або нагрівання відібраної проби до 18-20 °С для того, щоб мінімізувати вплив різних термічних станів на консистенцію та функціональні показники продукту.

Результати вимірювання показників після першої та другої доби обробки наведені у табл. 3.3 та 3.4.

Значення вмісту вологи коливалось, залежачи від послідовності термічної обробки та виду сировини. Вимірювання вологи проводили, відділяючи попередньо не поглинуту при перемішуванні та подрібненні частку води, тому з цієї точки зору особливо важливою була механічна здатність поглинати вологу продуктом.

Таблиця 3.3 – Значення показників досліджуваних зразків рослинної сировини після 24 год ферментації

| Зразок | рН | | Вологовміст, % | | ВЗЗ, % | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| | До термообробки | Після термообробки | До термообробки | Після термообробки | До термообробки | Після термообробки |
| сочевиця | 6,60±0,10 | 6,50±0,08 | 14,9±0,27 | 36,0±0,27 | 23,3±0,27 | 26,4±0,27 |
| сочевиця ферментована | 7,00±0,12 | 6,90±0,08 | 15,2±0,22 | 41,4±0,27 | 27,5±0,27 | 31,4±0,27 |
| сочевиця варена | 6,55±0,10 | - | 59,4±0,39 | - | 39,4±0,27 | - |
| сочевиця варена ферментована | 6,90±0,11 | - | 59,7±0,35 | - | 47,4±0,27 | - |
| Нут | 6,70±0,15 | - | 13,8±0,16 | 34,1±0,27 | 32,2±0,27 | 51,6±0,27 |
| нут варений | 6,70±0,10 | - | 62,4±0,27 | - | 46,8±0,27 | - |
| нут ферментований | 6,90±0,10 | 7,10±0,12 | 14,0±0,27 | 40,5±0,27 | 30,9±0,27 | 54,5±0,27 |
| нут варений і ферментований | 6,95±0,09 | - | 37,3±0,27 | - | 49,6±0,27 | - |
| кукурудза | 6,40±0,08 | 6,50±0,13 | 12,5±0,27 | 18,7±0,27 | 16,5±0,27 | 18,1±0,27 |
| кукурудза варена | 6,60±0,12 | - | 21,3±0,27 | - | 18,4±0,27 | - |
| кукурудза ферментована | 6,60±0,08 | 6,7±0,08 | 12,8±0,27 | 34,0±0,27 | 22,5±0,27 | 28,4±0,27 |
| кукурудза ферментована варена | 6,75±0,11 | - | 29,3±0,27 | - | 29,4±0,27 | - |

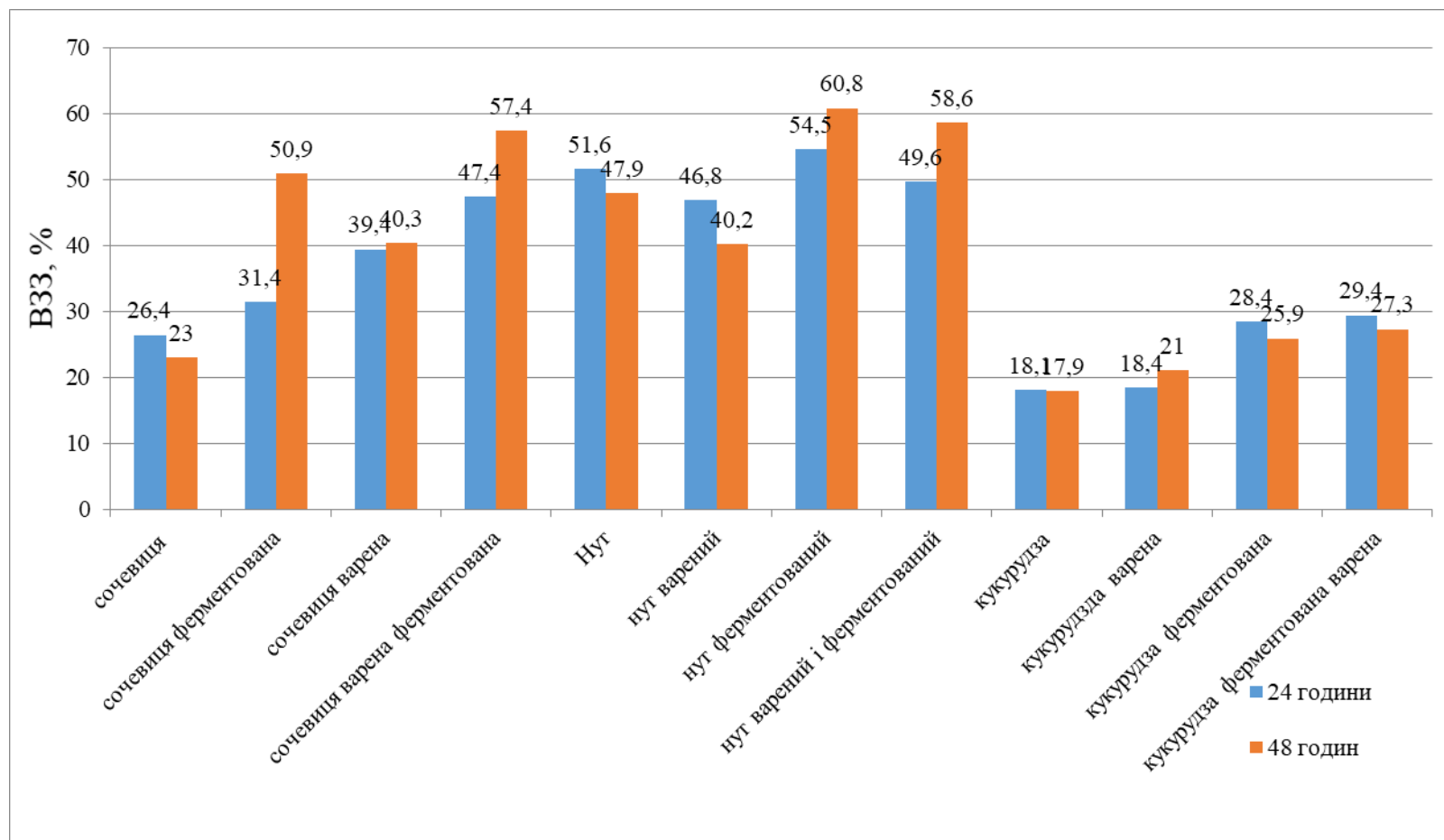


Рисунок 1.1 – Значення ВЗЗ досліджуваних зразків рослинної сировини після термообробки

| Зразок | рН | | Вологовміст, % | | ВЗЗ, % | |
|------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Зразок | рН | | Вологовміст, % | | ВЗЗ, % | |
| | До термообробки | Після термообробки | До термообробки | Після термообробки | До термообробки | Після термообробки |
| сочевиця | 6,4±0,2 | 6,45±0,2 | 14,7±0,2 | 40,4±0,2 | 22,2±0,2 | 23±0,2 |
| сочевиця ферментована | 6,9±0,2 | 6,8±0,2 | 15±0,2 | 43±0,2 | 33,7±0,2 | 50,9±0,2 |
| сочевиця варена | 6,6±0,2 | - | 62,2±0,2 | - | 40,3±0,2 | - |
| сочевиця варена ферментована | 7±0,2 | - | 63,8±0,2 | - | 57,4±0,2 | - |
| Нут | 6,3±0,2 | | 14,1±0,2 | 39,9±0,2 | 29±0,2 | 47,9±0,2 |
| нут варений | 6,6±0,2 | - | 65±0,2 | - | 40,2±0,2 | - |

| | | | | | | |
|-------------------------------|---------|---------|----------|-----------|----------|----------|
| нут ферментований | 7±0,2 | 6,9±0,2 | 13,8±0,2 | 44,3±0,2 | 34,5±0,2 | 60,8±0,2 |
| нут варений і ферментований | 6,8±0,2 | - | 40,7±0,2 | - | 58,6±0,2 | - |
| кукурудза | 6±0,2 | 5,8±0,2 | 13,1±0,2 | 20,6±0,27 | 15,4±0,2 | 17,9±0,2 |
| кукурудза варена | 6,2±0,2 | - | 20,2±0,2 | - | 21±0,2 | - |
| кукурудза ферментована | 6,8±0,2 | 6,7±0,2 | 13±0,2 | 38,2±0,2 | 22,2±0,2 | 25,9±0,2 |
| кукурудза ферментована варена | 6,8±0,2 | - | 28,2±0,2 | - | 27,3±0,2 | - |

Таблиця 3.4 – Значення показників досліджуваних зразків рослинної сировини після 48 годин ферментації

Проаналізуємо отримані дані відповідно до кожного виду фізико-хімічних та функціонально-технологічних характеристик. Розкид значень рН для усіх зразків належав діапазону, що є не вагомо відмінним від діапазону відповідних рівнів рН, що характерний для ковбасних виробів та напівфабрикатів. В цілому, як і для м'ясопродуктів можливо відстежити плавне збільшення рівня рН виробів по ходу проходження протеолітичних процесів. Для сочевиці цей процес відбувається з меншою швидкістю, ніж для виробів із використанням нуту. Модельні вироби із використанням кукурудзи демонструють досить малий рівень відгуку на обробку ензимом. Максимальне значення рН встановлено у моделях із використанням нуту, що були оброблені протеазою – для усіх (до і після теплової обробки) станів моделі, та не залежно від способу проведення обробки протеазою (перед чи після варіння), значення рН даного типу зразків після обробки належали діапазону 6,9-7,1. Мінімальне зміщення значень рН показала група зразків із використанням кукурудзи – мінімальне значення встановлено у зразку із не вареної кукурудзи – 6,6. Проте, не зважаючи на це, кукурудза демонструє мінімальний відгук на внесення досліджуваного ензиму, що проявляється не тільки у рівні рН, але й фіксується у більшому рівні відділеної вологи після теплової обробки.

Вміст вологи у всіх зразках розподілився відповідно до особливостей обробки за групами зразків. Зразки, які не піддавались термічній обробці, відповідно демонстрували найменше зростання рівня загального вмісту вологи. Цікавою тенденцією є те, що у не ферментованих зразках значно меншим є рівень вологи, яка додатково поглинулася під час термічної обробки. Отже, можна зробити висновок про те, що обробка протеазами призводить до зростання вологозв'язувальної здатності, яке починає позначатись на рівні поглинутої вологи не лише із поступовим плином часу, але і каталізується при зростанні температури навколишнього середовища.

Вологозв'язуюча здатність зразків продемонструвала пряму залежність від впливу протеази мікробіологічного походження. Отже, в усіх зразках, які не були піддані ферментації, помітною є менш значна різниця в рівнях ВЗЗ між

термообробленим і сирим зразками. З цього можна зробити висновок про те, що дія обраного протеолітичного ферменту активізується і продовжується при нагріванні проби отриманого продукту. В процесі обробки нуту протеоліз протікає прямо пропорційно до часу обробки. При проведенні термічної обробки досліджувані показники зазнають змін – рівень рН зростає в межах 0,1-0,2 одиниць (максимальна різниця у значеннях рН становить 0,4 зі зміною показника від 6,3 до 6,7 для зразка нуту із ферментацією без попередньої термічної обробки).

3.3. Визначення впливу протеази в процесі термічної обробки

З точки зору практичного використання, важливим є здатність протеази мікробіологічного походження не лише проявляти позитивний вплив на функціонально-технологічні показники основної сировини, але і зберігати високі показники при введенні в рецептури згідно комбінованих методів обробки. Термічна обробка досліджуваної сировини є важливим аспектом на шляху створення специфічних мікробіологічних, органолептичних та реологічних властивостей готового продукту, що в свою чергу формує споживацький та/або додатковий науковий інтерес. При вдосконаленні технологічної схеми виробництва напівфабрикатів варто керуватись даними, отриманими у попередніх розділах, проте варто додатково розкрити деякі інші аспекти. Отже, до питань, які варто опрацювати можна включити такі – спосіб проведення ферментативної обробки сировини (роздільний або комбінований), оптимізація режимів термічної обробки для готових котлет, оптимізація режимів заморожування для напівфабрикатів заморожених, оптимізація структури та вдосконалення рецептури з метою порівняння з існуючими аналогами. Перейдемо до розгляду кожного з аспектів, що вимагають розгляду, детально

Метод здійснення обробки ензимом. Беручи до уваги те, що попередньо встановлено застосовувані режими обробки сировини (як м'ясної, так і рослинної), а також те, що наведені режими є раціональними для усіх типів

сировини, варто перевірити припущення про можливість комбінованої протеолітичної обробки всієї сировини. Перспективні переваги цього методу є загалом відомими – економія часу та ресурсів на стадії первинної обробки сировини, а також нівелювання потреби у розрахунку частки внесеного ензимного препарату окремо для обох видів основної сировини.

Теплова обробка напівфабрикатів може здійснюватися різними способами, особливо зважаючи на досягнуті рівні стерильності готового виробу. Застосування тривалої (понад 1,5 години) термічної обробки при температурах діапазону 72-85°C при застосуванні комбінованого гідролізату протеолітичного походження на основі сої веде до утворення специфічних органолептичних характеристик та притаманного бульйону смаку, що широко використовується для підсилення характеристик м'ясомістких продуктів. Зважаючи на дане застосування рослинних гідролізатів, можна припустити, що при застосуванні досліджуваної протеази в поєднанні з тривалою термічною обробкою відбудеться підвищення органолептичних характеристик завдяки досягненню аналогічного ефекту. Також, даний тип обробки дозволяє забезпечити достатній рівень летального впливу тепла на мікрофлору комбінованої сировини напівфабрикату, подовжуючи таким чином терміни зберігання готового продукту. До потенційних недоліків застосування такого методу обробки можна віднести низький вихід готового продукту, надмірну жорсткість, а також можливість виникнення дефектів реологічних характеристик продукту (крихкість). Другим підходом до проведення термічної обробки є доведення до температури товщі продукту 70-73 °C, проте дана температура не гарантує повної кулінарної готовності рослинної сировини, що в свою чергу потребує дослідного підтвердження. Для того, щоб покращити органолептичні показники та терміни зберігання готового продукту, раціональним є стерилізація або пастеризація напівфабрикату в упакованому стані. Серед двох недоліків даної технології можна назвати дві – необхідність облаштування додаткової ділянки пакування (враховуючи саму складність пакування напівфабрикатів), а також низькі органолептичні показники

(великою мірою нівелюється перебіг реакції Майяра). Отже, при проведенні термічної обробки варто попередньо оптимізувати режими дослідним шляхом.

За планом експерименту було розроблено три групи зразків напівфабрикатів, які відрізнялись за кількома параметрами. Перша група зразків передбачала повністю роздільну ферментативну обробку. Рослинну сировину (нут та сочевицю) обробляли, подрібнюючи на шматки розміром 3-4 мм, після чого змішували із рідкою формою протеази Аспергілус нігер у відношенні 35 мг ферменту на кожен кг сировини та витримували для проходження ферментаційного процесу протягом 2 діб за температури 4-6 °С. М'ясну сировину (м'ясо стегна курчат-бройлерів) отримували у охолодженому вигляді та подрібнювали до шматків вагою 50-55 г, після чого змішували із 2,5% кухонної солі та вносили протеазу ASPN в рідкій формі у розрахунку, аналогічному прийнятому для рослинної сировини, та витримували протягом 36 год за температури -6 °С. Оброблену сировину обох видів змішували у співвідношенні 60% м'ясної сировини та 40% рослинної, після чого проводили вторинне подрібнення фаршу до видимої однорідності. Після складання фаршу із нього формували напівфабрикати (котлети) масою 100 г та піддавали їх підморожуванню за температури -8 °С протягом 6 годин. Розморожені за температури 18-20 °С протягом 2 год напівфабрикати обсмажували протягом 25 хв (по 12,5 хв з кожного боку) до досягнення повної термічної готовності (температура в центрі виробу – 72 °С з експозицією 5 хв).

Друга група зразків передбачала роздільну ферментативну обробку, проте відрізнялась від першої групи попередньою термічною обробкою рослинної сировини. Рослинну сировину (нут та сочевицю) подрібнювали на шматки розміром 3-4 мм, після чого додавали 150% води від маси сировини та варили протягом 1 години за температури 95-98 °С. Після остигання до 30 °С сировину змішували із рідкою протеазою ASPN у відношенні 35 мг ферменту на кожен кг сировини та витримували для проходження ферментаційного процесу протягом 2 діб за температури 4-6 °С. М'ясну сировину (м'ясо стегна курчат-бройлерів) також отримували у охолодженому вигляді та подрібнювали до шматків вагою

50-55 г, після чого змішували із 2,5% кухонної солі та вносили протеазу Аспергілус в рідкій формі у розрахунку, аналогічному прийнятому для рослинної сировини, та витримували протягом 36 год за температури -6 °С. Оброблену сировину обох видів змішували у співвідношенні 50% м'ясної сировини та 50% рослинної, після чого проводили вторинне подрібнення фаршу до видимої однорідності. Після складання фаршу із нього формували напівфабрикати (котлети) масою 100 г та піддавали їх підморожуванню за температури -8 °С протягом 8 годин. Розморожені за температури 18-20 °С протягом 2 год напівфабрикати обсмажували протягом 20 хв (по 10 хв з кожного боку) до досягнення повної термічної готовності (температура в центрі виробу 72 °С з експозицією 5 хв). Різниця у тривалостях деяких видів обробки та відсотком внесення рослинної сировини обумовлена більшим вмістом вологи та теплоємністю для сировини, що попередньо була піддана варінню.

Зразки третьої групи передбачали одночасну обробку м'ясної та рослинної сировини. Рослинну (нут та сочевицю) та м'ясну (м'ясо стегна курчат-бройлерів) сировину подрібнювали на шматки розміром 5 мм, після чого додатково вносили 120% води (від маси рослинної) сировини, 2,5% кухонної солі (з розрахунку на масу обох видів сировини) та 35 мг ферменту на кожен грам сировини (за вирахуванням внесеної води). Після витримування протягом 36 год при 4-6 °С сировину подрібнювали до видимої однорідності та відсутності видимих включень зерна рослинної сировини. Після складання фаршу із нього формували напівфабрикати (котлети) масою 100 г та піддавали їх підморожуванню за температури -8 °С протягом 6 годин. Розморожені за температури 18-20 °С протягом 2 год напівфабрикати обсмажували протягом 28 хв (по 14 хв з кожного боку) до досягнення повної термічної готовності (температура в центрі виробу 72 °С з експозицією 8 хв). Збільшення тривалості термічної обробки обумовлене більш грубою консистенцією фаршу у продукті. У кожній групі зразків було передбачено зразки трьох видів, залежно від рослинної сировини, що вносились. У зразки з індексом 1 додавали тільки нут (40 або 50% залежно від серії), у зразки під номером 2 – сочевицю (40 або 50%

залежно від серії), а у зразки з номером 3 – обидва види сировини (по 20 або 25% залежно від серії).

Серед досліджуваних характеристик було обрано такі: значення рН екстракту готового продукту (1:10), пластичність готового продукту та вміст вологи. Одним із найважливіших показників є вологозв'язувальна здатність (ВЗЗ) готових виробів. Вимірювання втрат, виходу при термічній обробці, а також масу продукту проводили арбітражним методом. Рівень рН визначали потенціометричним методом на апараті з погрузними електродами, беручи за основу водну витяжку продукту. Для приготування витяжки з наважки продукту використовували дистильовану води у пропорції 10 частин на 1 частину наважки з витримуванням проби протягом 30-32 хв та перемішуванні. Вимірювання вмісту вологи проводили за середньою пробою з масою наважки 3-5 г з готового виробу при 120-130 °С до припинення усушки. Значення ВЗЗ встановлювали методом пресування наважки (0,28-0,32 г) продукту.

Таблиця 3.5 – Модельні композиції м'ясо-рослинних фаршів для ферментації

| Інгредієнт,% | Група 1 | | | Групи 2, 3 | | |
|-------------------------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|
| | Зразок 1 | Зразок 2 | Зразок 3 | Зразок 1 | Зразок 2 | Зразок 3 |
| М'ясо стегна курчат-бройлерів | 60 | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 |
| Нут | 40 | | 20 | 50 | | 25 |
| Сочевиця | | 40 | 20 | | 50 | 25 |
| Всього | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Визначення фізико-хімічних показників готових виробів

Показники готових виробів наведено у табл.3.6. Із наведених дослідних даних, можна зробити висновок про те, що усі застосовувані види обробки дозволяють отримати продукт із високими для даного виду виробів фізико-

хімічними показниками та функціональними характеристиками. Вміст вологи готових виробів знаходився у діапазоні 68-72% для усіх зразків комбінованих напівфабрикатів, що говорить про раціональний підбір режимів обробки, який компенсував коливання кількості внесеної при підготовці сировини вологи. Зразки групи 1 мали дещо нижчі показники вологості готового продукту (68,05-69,1%), що обумовлене часом внесення додаткової вологи – при введенні води під час складання фаршу навіть попередньо ферментативно оброблена рослинна сировина не здатна зв'язати достатню кількість вологи та забезпечити щільну консистенцію готового продукту. В разі виникнення потреби розробки продуктів, попередня ферментація рослинної сировини для яких має відбуватись за низьких температур у сирому вигляді, раціональним кроком вбачається внесення гідроколоїдів або зменшення частки рослинної сировини на користь м'ясної сировини високої сортності. Найбільший вміст вологи зафіксовано у зразках групи 2 (70,2-72,0%). Це обумовлено тим, що при варці рослинна сировина поглинає значно більший відсоток вологи, ніж аналогічний відсоток, поглинутий при складанні фаршу. Також помітну роль відіграє зміна режиму термічної обробки – мінімізація термообробки є можливою за рахунок менш щільної консистенції як і рослинної сировини (та її попередній термообробці), так і м'ясної (у порівнянні із традиційною технологією). Термічна обробка такого виду продуктів по суті може бути зменшена до мінімуму (досягнення 68-70 у середині виробу без експозиції), але лімітуючим фактором тут є мікробіологічна безпечність готового виробу. Даний напрям потребує подальших досліджень.

Значення рН знаходились у однаковому діапазоні для усіх зразків та для готових виробів знадилося в межах 6,75-6,85. Розбіжність в показниках може бути обумовлена середньоквадратичним відхиленням або похибкою вимірювань.

Визначення функціонально-технологічних показників готових виробів

За розподілом значення ВЗЗ та виходу готового продукту однозначно можна зробити висновок про те, що термічна обробка рослинної сировини

позитивно впливає на функціональні та технологічні характеристики готових котлет, проте значення ВЗЗ у групах 1 та 3 також знаходяться на досить високому рівні (67,94-71,3%). Вихід готового продукту у групах 1 та 3 також помітно менший за аналогічний показник групи 2 (максимальні значення 78,6 для групи 1 проти 86,1 для групи 2). Отже, термічна обробка рослинної сировини допомагає не лише зв'язати більшу кількість вологи, але й зберегти її за рахунок менш жорстких режимів термічної обробки.

Таблиця 3.6 – Показники досліджуваних модельних фаршів після термообробки

| Показник | Група 1 | | | Група 2 | | | Група 3 | | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Зразок | | | | | | | | | |
| pH | 6,8 ±0,07 | 6,75 ±0,10 | 6,8 ±0,10 | 6,85 ±0,10 | 6,75 ±0,10 | 6,75 ±0,10 | 6,8 ±0,07 | 6,85 ±0,05 | 6,85 ±0,09 |
| Вміст вологи,% | 68,05 ±0,17 | 68,40 ±1,30 | 69,10 ±1,1 | 70,2 ±0,2 | 70,65 ±0,2 | 72 ±0,2 | 68,34 ±0,2 | 68,60 ±1,10 | 68,92 ±0,90 |
| ВЗЗ, % | 67,94 ±1,31 | 69,9 ±1,30 | 70,38 ±1,20 | 72,68 ±0,2 | 76,45 ±0,2 | 75,3 ±0,52 | 70,05 ±0,83 | 67,15 ±0,91 | 71,3 ±0,56 |
| Вихід, % | 74,5± 0,95 | 77,2 ±1,22 | 78,6 ±0,95 | 84,3± 0,56 | 80,8 ±0,63 | 86,1 ±0,82 | 70,5± 1,03 | 74,4± 1,35 | 74,9 ±1,22 |

Згідно з отриманими результатами можна розбити висновок про те, що при розробці напівфабрикатів на основі рослинної та м'ясної сировини при використанні нуту та сочевиці а також м'яса стегна курчат-бройлерів, введення мікробіологічної протеази *Aspergillus niger* дозволяє досягнути високих функціонально-технологічних показників та покращити консистенцію готового продукту. Попередню обробку рослинної сировини краще проводити, комбінуючи ферментативну обробку із попереднім варінням сировини у присутності додаткової вологи. Даний технологічний прийом дозволяє оптимізувати затрати ресурсів та часу на термічну обробку, яку можна зменшити до мінімальних значень, єдиними лімітуючими факторами для яких є мікробіологічна безпечність та органолептичні показники готового виробу.

При внесенні у рецептури вологи на рослинну сировину під час попереднього варіння необхідно передбачати зміни режимів не лише термічної обробки, але й у підморожуванні та розморожуванні продуктів, яке може бути більш тривалим за рахунок більшої частини зв'язаної вологи у продукті. Найкращих результатів вдалось досягнути при комбінуванні нуту та сочевиці у рівних кількостях. Подальших досліджень потребує питання мікробіологічної безпеки та термінів зберігання продукту, а також внесення додаткових смако-ароматичних інгредієнтів.

Важливими для застосування є можливість промислового відтворення протеаз та генетичних маніпуляцій для створення нових ензимів зі зміненими властивостями, які будуть специфічними за своєю дією на органічні сполуки. Мікробні протеази можуть бути як позаклітинними, так і внутрішньоклітинними, і на їх утворення впливають штами, харчові та фізико-хімічні фактори, такі як температура, значення рН, вміст азоту, джерела вуглецю і неорганічні солі.

Власне у харчовій промисловості найбільш перспективними є такі види протеаз мікробіологічного походження (залежно від назви мікроорганізмів, які їх продукують): *Aspergillus* (*sp.* 13.33-35, *awamori*, *clavatus*, *flavus*, *fumigates*, *niger*, *oryzae*), *Beauveria*, *Thermoascus aurantiacus*, а також протеази новітніх класів (в основному представлені AFP, HT та ProG) [136].

Виходячи із завдань, покладених в основу роботи, необхідною частиною науково пошуку є дослідження характеристик готової продукції на основі сировини, що була піддана ферментації із застосуванням мікробіологічної протеази *Aspergillus niger*. Згідно плану експерименту всі зразки було розділено за видом основної м'ясної сировини, яка складала основу рецептури відповідної групи зразків м'ясо-рослинних напівфабрикатів.

Обробка зразків напівфабрикатів проводилась, виходячи із встановлених раніше оптимальних рівнів введення ферменту. Дослідна група зразків напівфабрикатів на основі яловичини була зменшена до 2 зразків (проти 3

зразків для м'яса курчат-бройлерів та свинини), з огляду на малу ефективність даного ферменту при обробці яловичини.

Жодна з отриманих партій м'ясної сировини не була заморожена. Після подрібнення на вовчку з діаметром решітки 6 мм, в охолоджену сировину вносили фермент (протеазу, продуковану *Aspergillus niger*) у вигляді розчину згідно попередньо визначеного оптимального рівня для кожної групи зразків.

Опираючись на проведені дослідження, встановлено тривалість ферментації – 2 доби. Процес проводився в умовах типових для виробничих процесів соління та дозрівання – за температури 4-6 °С. Також у зразки вносили кухонну сіль у кількості 2,5% до маси м'ясної сировини. Паралельно для кожної групи зразків напівфабрикатів був наявним контрольний зразок, в який вносили лише кухонну сіль.

Після закінчення процесу ферментації, з фаршу дослідних зразків було сформовано котлетні вироби товщиною 150-200 мм та масою 45-50 г.

Отримані вироби, після пакування в плівку, піддавали термічній обробці шляхом варіння у воді за температури 75 °С протягом 30 хв.

Після цього їх охолоджували за кімнатної (18-20 °С) температури протягом 1 год, та відбирали проби для вимірювання основних функціонально-технологічних характеристик – вологозв'язувальної здатності (ВЗЗ), вологоутримуючої здатності (ВУЗ), жирутримуючої здатності (ЖУЗ), вмісту вологи у продукті (%), а також рН водної витяжки продукту.

Метою роботи було поставлено завдання дослідити можливість комбінування м'ясної сировини (м'яса курчат-бройлерів, яловичини першого сорту, свинини нежирної) та різних видів рослинної сировини (нут та сочевиця гідратовані) в процесі виробництва січених напівфабрикатів (котлет) із застосуванням ферментативної обробки.

Досліджуване припущення полягало у тому, що обробка протеазою мікробіологічного походження протягом 2 діб приведе до зростання значень функціонально-технологічних характеристик після закінчення повного процесу термічної обробки. Окрім вказаних цілей, дослідження також мало на меті

встановити оптимальний вид сировини для виробництва січених м'ясо-рослинних напівфабрикатів із застосуванням обробки протеазою мікробіологічного походження.

В процесі досліджень визначали функціонально-технологічні характеристики сировини до та після ферментативної обробки, а функціонально-технологічні характеристики власне напівфабрикатів до та після термічної обробки, у порівнянні з контрольним зразком напівфабрикатів без ферментації. Згідно з планом постановки експерименту за основу була взята рецептура напівфабрикату січеного м'ясо-рослинного, рецептурний склад якої був обґрунтований у попередніх дослідженнях.

Метою першого етапу досліджень було дослідження впливу ферментативної обробки на різні види м'ясної сировини, а також формування контрольної групи, для порівняння та визначення впливу ферментної обробки на усіх етапах досліджень.

Перший етап передбачав ферментативну обробку протеазою мікробіологічного походження *Aspergillus niger* у концентрації 30 мг ферментативного препарату на кожен кілограм оброблюваної сировини. Режимми ферментативної обробки встановлені на підставі визначених у попередніх дослідженнях оптимальних значень протеолітичного впливу даного ферменту [137].

Отже, після обробки протягом 48 год при температурах 4-6 °С, було проведено відбір проб і визначення фізико-хімічних та функціональних характеристик. Визначення ВЗЗ проводили методом пресування наважки продукту (0,3 г) вагою 1 кг протягом 15 хв, після чого обраховували площу вологої плями. Площа плями фаршу в свою чергу дозволяє розрахувати пластичність сировини.

Визначення вмісту води проводили арбітражним методом із сушінням наважки у шафі до сталої маси. Значення рН середовища визначали потенціометричним методом. Дані отримані на першому етапі приведені у табл. 3.7.

З наведених даних можна зробити висновок, про вищий вплив ферментного препарату на м'ясо курчат-бройлерів, що проявляється в максимальній зміні показників між контрольною та дослідними групами зразків. Загалом, різницю у значеннях вмісту вологи можна пояснити зміною сили хімічних зв'язків внаслідок протеолізу та утворення нових вільних пептидних сполук, які в свою чергу здатні зв'язувати вологу. Усі дослідні зразки крім яловичини продемонстрували зростання рівня ВЗЗ після ферментації, а максимальна різниця між відповідними значеннями у дослідній та контрольній групах зразків становила 11,05% та зафіксована у м'ясі курчат-бройлерів. Значення рівня волого утримуючої здатності Для значень ВУЗ виражене зменшення значень спостерігалось для зразків яловичини – 9,05%, в той час як свинина та курятина продемонстрували ріст значення ВУЗ на 3,25 та 9,25% відповідно. ЖУЗ зростає для усіх зразків дослідної групи, а максимальна різниця між дослідним і контрольним значеннями становила 9,50 %. З огляду на отримані значення, тенденція до росту або зменшення значень рН під впливом протеолітичних процесів не проявляється. Різниця для зразків курятини та свинини становила 0,2, а для яловичини – мінус 0,15. Значення пластичності фаршів підвищувались по мірі ферментативної обробки і ця зміна напряму залежала від збільшення внесеного ферментного препарату. Таким чином обробка протеазою *Aspergillus niger* має позитивний вплив на усі досліджувані функціонально-технологічні та фізико-хімічні характеристики свинини нежирної та м'яса курчат-бройлерів.

Проте, зміни характеристик сировини до термічної обробки не завжди може накладатись на характеристики готового продукту після термічної обробки [138].

Після проведення термічної обробки помітною залишилась різниця між зразками дослідної та контрольної групи для свинини та курятини. Представлені в табл. 3.6 дані варто аналізувати не лише з точки зору кінцевих показників готового продукту, але й з точки зору власне впливу нагрівання та ферментативної обробки. Для значень ВЗЗ в зразках м'яса курчат-бройлерів

маємо чотири значення – значення контрольного зразка до та після термообробки, та значення дослідного зразка до та після термічної обробки.

Різниця в значеннях контрольного та дослідного зразків після термічної обробки (63,1 та 69,1% відповідно) складає 6,0%, а різниця між значеннями дослідного зразка до та після термічної обробки складає 12,24%.

Аналогічне значення (різниця, що виражає вплив термічної обробки на ВЗЗ) для контрольного зразка складає 7,19%.

Таблиця 3.7 – Показники рН, виходу і пластичності зразків м'ясних фаршів за різних умов оброблення

| Номер зразка | Вид сировини | Частка внесення ферменту, мг/г | рН | | | Вихід, % | Пластичність фаршу, см ² /г | | |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|-----------|---------------|------|--------------|--|----------------|-------|
| | | | Сирі | Готові | Δ | | Сирі | Готові | Δ |
| 1 | М'ясо курчат - бройлерів | 0 | 6,45±0,08 | 6,9 ±0,04 | 0,45 | 68,2 ±0,4 | 21,5 ±0,20 | 18,45 ±0,23 | -3,05 |
| 2 | | 45 | 6,6±0,05 | 6,8 ±0,05 | 0,2 | 74,4 ±0,8 | 27,2 ±0,16 | 20,34± 0,16 | -6,86 |
| 3 | Свинина нежирна | 0 | 5,5±0,05 | 6,1 ±0,04 | 0,6 | 71,2 ±0,5 | 18,26 ±0,15 | 15,68± 0,20 | -2,58 |
| 4 | | 45 | 5,7±0,07 | 6,15 ±0,10 | 0,45 | 77,2 ±0,9 | 20,70 ±0,11 | 19,2 ±0,14 | -1,45 |
| 5 | Яловичина I сорту | 0 | 6,1±0,07 | 6,4 ±0,03 | 0,3 | 69,8 ±0,6 | 12,52 ±0,14 | 8,46 ±0,22 | -4,06 |
| 6 | | 30 | 5,9±0,2 | 6,25 ±0,02 | 0,35 | 70,6 ±0,7 | 12,85 ±0,19 | 8,60 ±0,24 | -4,25 |

В усіх дослідних зразках окрім яловичини втрати вологи в процесі варки були меншими, ніж у зразках без внесення ферментного препарату. Найменші втрати вологи зафіксовані у зразку на основі м'яса курчат-бройлерів – 4,41 %, для контрольного зразка на основі тієї ж сировини -13,64%, таким чином демонструючи здатність даної сировини зберігати додатково 8,38% вологи в процесі термічної обробки

Таблиця 3.8 – Функціонально-технологічні показники м'ясних фаршів за різних умов оброблення

| Номер зразка | ВЗЗ, % | | | ВУЗ, % | | | ЖУЗ, % | | | Вміст вологи, % | | |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|---------------|-----------|-------------------|---------------|------------|
| | Сирі | Готові | Δ | Сирі | Готові | Δ | Сирі | Готові | Δ | Сирі | Готові | Δ |
| 1 | 71,29 ±1,2 | 63,1 ±1,2 | -7,19 | 54,2 ±1,2 | 51,1 ±1,2 | -3,09 | 67,4 ±1,2 | 47,9± 1,2 | - 19,5 | 76,1 1±1, 2 | 62,47 ±1,2 | - 13,64 |
| 2 | 81,34 ±1,2 | 69,1 ±1,2 | -12,24 | 63,4 5±1, 2 | 55,1 6±1, 2 | -8,29 | 76,9 ±1,2 | 52,7± 1,2 | - 24,2 | 75,3 ±1,2 | 70,9 ±1,2 | -4,41 |
| 3 | 71 ±1,2 | 66,25 ±1,2 | -4,75 | 65,5 | 54,6 ±1,2 | -10,9 | 58,0 5±1, 2 | 49,1± 1,2 | - 8,95 | 67,1 2±1, 2 | 56,53 ±1,2 | - 10,59 |
| 4 | 76,25 ±1,2 | 72,04 ±1,2 | -4,21 | 68,7 | 60,1 ±1,2 | -8,65 | 63±1 ,2 | 53,12 ±1,2 | - 9,88 | 71,4 8±1, 2 | 63,1± 1,2 | -8,38 |
| 5 | 76,22 ±1,2 | 64,85 ±1,2 | -11,37 | 79,1 5 | 70,1 2±1, 2 | -9,03 | 50,4 ±1,2 | 42,9± 1,2 | -7,5 | 64,0 5±1, 2 | 55,25 ±1,2 | -8,8 |
| 6 | 69,25 ±1,2 | 65,82 ±1,2 | - 3,43± 1,2 | 72,0 ±1,2 9 | 67,1 5 ±1,2 | -4,94 | 55,3 ±1,2 2 | 41,52 ±1,2 | - 13,8 | 64,3 ±1,2 5 | 55,05 ±1,2 | -9,3 |

Втрати вологи в процесі термообробки склали відповідно 10,59 та 8,38% для контрольного і дослідного зразків. Варто відмітити природну закономірність, що проявляється у зменшенні пластичності зразків після термічної обробки. Максимальна пластичність зафіксована у дослідному зразку на основі м'яса курчат-бройлерів - 20,4 см²/г.

З представлених в табл. 3.7 і 3.8 даних можна зробити висновок, що ферментація не підвищує термостабільність сировини, але завдяки зростанню значень ВЗЗ, створює передумови для високих показників готового продукту.

Таблиця 3.9 - Рецептури модельних напівфабрикатів із використанням м'яса курчат-бройлерів та гідратованої рослинної сировини

| Сировина | Зразок | | |
|---|----------|-----|-----|
| | Контроль | №1 | №2 |
| Свинина нежирна, % | - | - | 40 |
| М'ясо стегна курчат-бройлерів, % | 40 | 40 | - |
| Клітковина пшенична Vitacel WF-200, % | 6 | 5 | 5 |
| Шпик боковий, % | 10 | 10 | 10 |
| Панірувальні сухарі, % | 5 | 5 | 5 |
| Вода, % | 14 | - | - |
| БЖЕ, %, в тому числі | 25 | - | - |
| Білок свинячої шкурки, % | 4 | - | - |
| Суміш кукурудзяної та ріпакової олій, % | 5 | - | - |
| Суша молочна сироватка, % | 1 | - | - |
| Вода, % | 15 | - | - |
| Нут гідратований | - | 20 | 20 |
| Сочевиця гідратована | - | 20 | 20 |
| Всього | 100 | 100 | 100 |

Протеаза *Aspergillus niger* проявляє позитивний вплив на більшість основних функціональних характеристик м'яса курчат-бройлерів та свинини нежирної, проте не проявляє позитивного впливу на яловичину. В подальших дослідженнях за основу рецептур модельних напівфабрикатів обрано рецептуру м'ясо-рослинних напівфабрикатів з попередньо визначеними фізико-хімічними показниками [138, 139], які представлено в табл. 3.6.

При підготовці рослинної сировини використовували попередню гідратацію у співвідношенні сировини та води 1:2 відповідно. Введення шпику потрібно з огляду на органолептичні характеристики готового продукту, а також для формування структури та вигляду на розрізі виробу після термічної обробки. Білково-жирова емульсія містить у своєму складі білки свинячої шкурки та суху молочну сироватку, що має на меті підвищення біологічної цінності.

Співвідношення між білками свинячої шкурки, сухою молочною сироваткою, жиром та водою становить відповідно 4:1:5:15. Застосування білків свинячої шкірки у БЖЕ дозволяє не тільки покращити реологічні характеристики продукту, але і підвищити стабільність продукту при термічній обробці [140, 141, 142]. На даному етапі досліджень важливим є виявити вплив не лише подрібнення та емульгування в поєднанні із впливом протеаз мікробіологічного походження, але і дослідити вплив більш жорстких режимів термічної обробки (при застосуванні смаження замість варіння).

Процес виробництва дослідних напівфабрикатів включав підготовку БЖЕ шляхом емульгування води з нежирною сировиною та поступовим введенням суміші олій, підготовку рослинної сировини шляхом гідратації, перемішування із ферментною сировиною у концентрації 30 мг на кожен кг сировини, витримання протягом 2 діб та подрібнення на вовчку з діаметром решітки 3 мм, подрібнення попередньо ферментованої (аналогічно першим етапам) м'ясної сировини на вовчку з решіткою 2 мм, змішування всіх рецептурних компонентів, формування виробів діаметром 80 мм та їх обсмажування до

температури у товщі 76 ± 1 °С. Вибір даної температури обумовлений властивостями рослинної сировини [143, 144, 145].

Після проведення термічного оброблення та остигання виробів до температури в товщі 22 ± 2 °С відбирали проби для проведення фізико-хімічних та функціонально-технологічних досліджень.

Отримані результати представлені у табл.3.10. Після проведення обробки не було виявлено суттєвої (понад 5%) різниці між досліджуваними зразками. Проте, деякі принципові відмінності, які демонструють вплив протеази мікробіологічного походження.

Максимальний вихід зафіксовано у зразку А, що містив у рецептурі м'ясо курчат-бройлерів, - 103,9%. Вихід зразка на основі свинини (зразок В) становив 101,9%. Вплив протеази мікробіологічного походження дозволяє частково компенсувати зменшення емульгуючої здатності при нагріванні БЖЕ [146].

Значення ВЗЗ для усіх зразків знаходились у діапазоні 76-81%. Максимальне значення зафіксовано у зразку А – 80,48%, а мінімальне у контрольному зразку -76,25%.

Дана різниця в отриманих значеннях не демонструє значного впливу ферментації на характеристики готового продукту, проте свідчить про ефективність комбінування рослинної та м'ясної сировини при виробництві ферментованих продуктів.

Усі отримані значення ВУЗ знаходяться в діапазоні 70-72%, виходячи з чого можна зробити висновок про прийнятність ферментації для виробництва м'ясо-рослинних напівфабрикатів, зокрема у вигляді котлет.

Значення ЖУЗ в контрольному зразку було значено меншим, ніж значення в зразках А та В з використанням рослинної сировини. Максимальне значення зафіксовано у зразку А – 67,10%, що свідчить про ключову роль у формуванні здатності продукту утримувати залежить від вмісту і якості жиру у зразку [147].

Тенденція зростання значення рН разом із внесенням досліджуваної протеази мікробіологічного походження, яка зафіксована для м'ясної сировини,

проявляється і для комбінованих фаршів напівфабрикатів в процесі теплової обробки.

Таблиця 3.10 – Показники напівфабрикатів із використанням гідратованої рослинної сировини після термічної обробки

| Показник | Варіанти зразків | | |
|--------------|------------------|-----------|-----------|
| | К | А | В |
| Вихід, % | 100,8±1,2 | 103,9±1,9 | 101,9±2,2 |
| ВЗЗ, % | 76,25±1,3 | 80,48±1,6 | 78,32±1,6 |
| Вологість, % | 75,38±1,0 | 74,12±2,0 | 70,24±1,4 |
| рН | 6,50±0,09 | 6,85±0,07 | 6,70±0,11 |
| ЖУЗ, % | 57,22±1,5 | 67,10±1,2 | 64,74±0,2 |
| ВУЗ, % | 70,65±0,2 | 72,18±0,2 | 71,70±0,2 |

Тенденція зростання значення рН разом із внесенням досліджуваної протеази мікробіологічного походження, яка зафіксована для м'ясної сировини, проявляється і для комбінованих фаршів напівфабрикатів в процесі теплової обробки.

Узагальнюючи результати досліджень, варто зазначити, що внесення гідратованих сумішей суміші нуту та сочевицю на заміну БЖЕ і частини м'ясної сировини при проведенні ферментації дозволяє отримати достатньо високі технологічні характеристики м'ясо-рослинних напівфабрикатів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. В результаті досліджень обґрунтовано режим проведення ферментативної обробки – 48 годин при температурі 4-8 °С та відносній вологості повітря 60-75% за умови внесення 30-45 мг/кг препарату протеази *Aspergillus niger*.

2. Визначено ефективну дію ферментації протеази *Aspergillus niger* на м'ясо стегна курчат-бройлерів та свинину нежирну.

3. Встановлено високі функціонально-технологічні показники розроблених рецептур м'ясомістких напівфабрикатів із застосуванням білково-жирової емульсії на основі суміші жирів та сухою молочною сироватки, що не поступаються відповідним показникам рецептури-аналогу.

4. Визначено, що внесення гідратованих сумішей суміші нуту та сочевиці на заміну БЖЕ і частини м'ясної сировини при проведенні ферментації дозволяє досягати високі технологічні характеристики м'ясо-рослинних напівфабрикатів.

5. Визначено подібність ефектів зміни рН для м'ясної сировини і комбінованих фаршів напівфабрикатів в процесі теплової обробки.

6. Встановлено селективність впливу протеази *Aspergillus niger* на білки основної м'ясної сировини, що проявляється у низькій варіативності досліджуваних функціонально-технологічних характеристик фабрикатів на основі яловичини під впливом ферментативної обробки протягом 24-48 год, порівняно зі свининою і мясом курчат-бройлерів.

Результати, наведені у розділі, представлено у публікаціях [1-3, 11-12] в переліку публікацій здобувача (додаток А).

4. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ М'ЯСОМІСТКИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОТЕАЗИ *ASPERGILLUS NIGER*

4.1 Залежність впливу термічних ефектів від внесення протеази *Aspergillus niger*

Одним з не вирішених раніше питань у технології виробництва м'ясопродуктів з великою часткою заміни м'ясної сировини на рослинну (або м'ясомістких продуктів) є досягнення кулінарної готовності та достатня глибина впливу термічної обробки на рослинну сировину. Зважаючи на морфологічні та біохімічні особливості будови рослинних клітин та похідних продуктів переробки продукції рослинництва загалом, в переважній більшості випадків рослинні наповнювачі потребують більшої температури нагріву та довшого часу обробки для досягнення кулінарної готовності. В багатьох випадках для вирішення даної проблеми доцільним є внесення рослинних компонентів у вигляді харчових інгредієнтів, які були попередньо оброблені на підприємстві-постачальнику. До такої категорії можна віднести ізоляти, концентрати, гідролізати та текстурати різних рослинних білків. Найбільш поширеними на світовому ринку залишаються соєві ізоляти та концентрати. Використання такого виду інгредієнтів усуває необхідність надмірної (з точки зору класичної технології м'ясопродуктів понад 72°C в товщі продукту) теплової обробки. Але, разом з тим виникає певний ряд недоліків, серед яких можна перш за все виділити такі – надмірний негативний вплив на органолептичні властивості продукту (смак та текстуру) при внесенні понад 20-25% даного виду інгредієнтів, відносно висока собівартість 1 кг даної сировини, а також ризики пов'язані з потенційним негативним впливом на здоров'я людини (наприклад, абсолютна більшість сої, що використовується при виробництві ізолятів належить до генетично-модифікованих сортів).

Отже, одним з можливих способів вирішення поставлених завдань є попередня обробка рослинних інгредієнтів з метою зниження температури основної термічної обробки, підвищення біологічної цінності даної сировини та

модифікація її технологічних характеристик. Згідно даних, отриманих на попередніх етапах, в якості рослинної сировини оптимальним визнано нут та суміш нуту з сочевицею. Також до рецептури модельних зразків входили інші інгредієнти, серед яких червоне та біле м'ясо курчат-бройлерів, а також емульсії на основ тваринного білку. Для того, щоб виокремити специфічність впливу кожного фактору в ході побудови експерименту, доцільно передбачити розробку двох «паралельних» рецептур – одну з високим відсотком замін м'ясної сировини, іншу – більш наближену до традиційних рецептур січених м'ясних напівфабрикатів. В якості контрольної групи прийнято зразки із заміною лише 20% м'ясної сировини (відповідно вміст м'яса курчат-бройлерів – 80%). В якості дослідної групи прийнято зразки із заміною 40% м'ясної сировини у рецептурі (відповідно із вмістом 60% м'яса курчат-бройлерів). Ще один фактор, який потребує більш детального розгляду являє собою вплив термічних ефектів. Застосування більш високих температур, хоча і є не бажаним для більшості технологічних характеристик та органолептичних характеристик готового продукту (і несе супутні додаткові витрати фонду часу та теплової енергії), може бути затребуваним згідно вимог, що будуть висуватись до готового продукту. Найчастіше термічну обробку при високих (точніше вищих за традиційні для технології м'ясопродуктів) температурах застосовують, коли потрібно досягти однієї з двох поставлених цілей – або подовжити термін зберігання готового продукту, або забезпечити його мікробіологічну стабільність при сталому терміні зберігання, що може часто застосовуватись при здешевленні рецептури продуктів із заміною частини сировини на сировину з більшим ступенем мікробіологічного обсіменіння (наприклад при заміні частини м'ясної сировини на субпродукти, або застосуванні харчової крові, м'яса голів, заміни свинини та яловичини на м'ясо птиці). За своєю фізико-біологічною природою обидві цілі (подовження термінів зберігання та інактивація мікрофлори) мають у підґрунті єдиний принцип – збільшення летальності впливу тепла на присутні у сировині умовно-патогенні та патогенні мікроорганізми. Різниця полягає лише у тому, як

використовується умовний «додатковий» вплив летальної дії тепла – для подовження терміну зберігання (умовно кажучи для досягнення меншої кількості присутньої мікрофлори, ніж певна кількість N у продукті при традиційній термічній обробці), або для того, щоб забезпечити сталий рівень мікробіологічного обсіменіння (досягнути значення кількості мікрофлори умовно одного рівня зі значенням N , яке зафіксовано у продукті-аналозі до заміни частки сировини у рецептурі). При застосуванні рослинної сировини, як згадано вище, до кожної з цих цілей може додаватись завдання з доведення рослинної сировини до кулінарної готовності.

Використання бобових (до яких належать нут та сочевиця) має декілька методів, які допомагають зменшити різницю у кількості витраченої теплової енергії та часу обробки, що виникає при переробці м'ясної сировини та бобових в силу природніх властивостей та морфологічних відмінностей даних видів сировини. Першим методом підготовки є замочування бобових з метою розм'якшення оболонки, а також збільшення теплопровідності сировини за рахунок адсорбованої у товщі вологи. Під час набухання також збільшується маса сировини без відповідних змін у значеннях вмісту основних біологічно активних речовин та функціональних інгредієнтів, що варто враховувати при додаванні вологи під час складання фаршу м'ясопродуктів із використанням замочених бобових. Недоліком замочування перш за все прийнято вважати його тривалість та потребу у ресурсах. Тривалість замочування складає від 6 до 12 годин, а температура може варіюватись від 4 до 18 °. Також процес гідратації створює ризик зростання кількості умовно-патогенних мікроорганізмів за рахунок створення відповідних умов (велика кількість незв'язаної води з високим ступенем активності, що зберігається протягом тривалого часу). Іншим методом є короткочасна або повна термічна обробка бобових. Внаслідок теплової обробки ущільнюється консистенція та розм'якшується поверхня сировини, що полегшує не тільки механічну, але і подальшу теплову обробку даної сировини при використанні у рецептурі комбінованих м'ясопродуктів. При використанні у консервному виробництві часто застосовують

комбінований метод обробки. Технологічний процес переробки та консервування бобових культур складається з трьох основних етапів: попередньої вологотеплової обробки (ВТО) – замочування і бланшування, та заключного - стерилізації. В процесі перших двох відбувається набухання зерен та розм'якшення їх за рахунок зв'язування води відповідно білками та крохмалем, при стерилізації одночасно з мікробіологічною стабільністю досягається і кулінарна готовність бобів. Використання часткового гідролізу або протеолізу бобових може стати якісно новою альтернативою до наведених методів попередньої підготовки, зважаючи на те, що воно дозволяє мінімізувати втрати поживних речовин та мінімально впливає на вміст вологи у сировині. Також перевагою ферментативної обробки є широкий спектр варіювання режимів технологічної обробки – від 1-2 год при температурах близьких до точки інактивації ферменту (для більшості протеаз 42-45 °С) до 2-3 діб при низьких плюсових температурах (1-2 °С). Можливо збільшувати тривалість обробки і далі, проте варто пам'ятати про необхідність забезпечення летального впливу тепла на мікроорганізми – при термічній обробці надміру гідролізованої сировини з пастоподібною консистенцією важко досягнути достатнього впливу тепла, зберігаючи при цьому органолептично-прийнятну консистенцію готового продукту.

Таким чином, план експерименту включає в себе наступні фактори варіювання – частка внесення ферменту, частка м'ясної сировини та температура термічної обробки. Рівень внесення ферменту обрано, виходячи з попередніх результатів, наведених у розділах 2-3 - 35 мг на кг сировини при тривалості процесу ферментації 24 год. Температуру варіювали в двох значеннях – 78 та 90 °С, виходячи з даних щодо кулінарної готовності нуту та сочевиці, а також технологічних режимів виробництва пастеризованих м'ясопродуктів.

Таблиця 4.1 – Рецептури напівфабрикатів із використанням рослинної сировини

| Сировина | Група зразків | |
|---------------------------------------|---------------|-------|
| | I-IV | V-VII |
| М'ясо стегна курчат-бройлерів, % | 40 | 60 |
| Клітковина пшенична Vitacel WF-200, % | 5 | 5 |
| Шпик боковий, % | 10 | 10 |
| Панірувальні сухарі, % | 5 | 5 |
| Нут та сочевиці гідратовані | 40 | 20 |
| Всього | 100 | 100 |

Таблиця 4.2 – Режими обробки зразків із використанням рослинної сировини

| Зразок | Частка м'ясної сировини, % | Частка внесення ферменту, мг/кг | Т обробки, °С |
|--------|----------------------------|---------------------------------|---------------|
| I | 80 | 35 | 85 |
| II | 80 | 35 | 76 |
| III | 80 | 0 | 85 |
| IV | 80 | 0 | 76 |
| V | 60 | 35 | 85 |
| VI | 60 | 35 | 76 |
| VII | 60 | 0 | 85 |
| VIII | 60 | 0 | 76 |

Таблиця 4.3 – Показники зразків із використанням рослинної сировини

| Варіант зразка | Т продукту, °С | ВЗЗ, % | ВЗЗ _ц , % | ВЗЗ _к , % | ВУЗ, % | ЖУЗ, % | Вміст вологи, % |
|----------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------|----------|-----------------|
| I | 78,6±0,2 | 82,4±1,5 | 69,7±0,5 | 90,5±1,2 | 74,4±0,2 | 81,9±1,8 | 62,4±1,6 |
| II | 71,3±0,1 | 75,8±1,3 | 65,5±0,9 | 88,7±1,4 | 73±0,2 | 84±1,6 | 61,0±1,2 |
| III | 77,4±0,2 | 71,9±1,6 | 58,9±0,7 | 74,2±1,2 | 63,2±0,2 | 70,5±1,2 | 60,9±2,0 |
| IV | 70,9±0,2 | 72,2±2,0 | 57,4±0,5 | 73,9±1,8 | 60,8±0,2 | 73,3±1,4 | 63,3±1,4 |
| V | 77,8±0,3 | 86,6±1,7 | 71,3±0,8 | 88,3±0,9 | 71,8±0,2 | 84,9±2,0 | 66,6±1,2 |
| VI | 70,4±0,1 | 81,1±0,8 | 70,6±0,8 | 86,1±1,6 | 76,8±0,2 | 81,5±1,8 | 65,8±1,5 |
| VII | 75,5±0,2 | 76,3±1,1 | 54,4±0,9 | 70,9±1,5 | 68,6±0,2 | 69,8±1,5 | 65,5±1,8 |
| VIII | 69,7±0,1 | 72,5±1,4 | 55,8±0,7 | 68,8±1,6 | 62,2±0,2 | 68,6±1,2 | 64,9±1,8 |

В якості досліджуваних показників обираємо наступні – температура в середині виробу після закінчення термічної обробки та всі показники зв'язаної вологи у продукті. До таких показників варто віднести значення вологозв'язувальної та волого утримуючої здатності, що були визначені декількома методами. Серед методів визначення ВЗЗ застосовано метод пресування, скраплювання та центрифугування. Таким чином, дані методи визначення ВЗЗ дозволяють сформулювати уявлення про кількість вологи, зв'язаної у товщі продукту (метод пресування), що відділяється при деформації наважки, загальну кількість зв'язаної вологи (метод центрифугування), а також кількість слабо-зв'язаної вологи (метод скраплювання).

З наведених даних можна зробити висновки про те, що внесення ферменту змінює консистенцію сировини, що також незначно впливає на температуропровідність фаршу продукту, призводячи до незначного зростання температур в товщі продукту після завершення основної фази термічної обробки. В середньому різниця між прогрівом товщі продукту для зразків без внесення ферменту та відповідними значеннями для зразків після ферментації становила 0,3-0,5 °С. Отже, ферментативна обробка основної сировини є однією з передумов акселерації термічної обробки та забезпечення більшої летальності впливу тепла на сировину у рецептурі напівфабрикатів.

Відносно значень ВЗЗ, визначених методом пресування можна прослідкувати чітку залежність рівня ВВЗ від проведення попередньої ферментативної обробки. Максимальне значення ВЗЗ, отримане методом пресування у зразках V та I, обробка яких включала попередню ферментацію та термічну обробку при більшій температурі. На противагу до цього, для зразків III-IV (в яких не було проведено попередньої термічної обробки) значення ВЗЗ, отримані методом пресування, досягають мінімуму. З цієї точки зору, внесення ферменту відіграє більш важливу роль, ніж навіть присутність «додаткових» 20% м'ясної сировини у рецептурі продукту. Також цей фактор є важливішим для формування зв'язку вологи в товщі продукту, ніж вплив термічної обробки та її температура. Знову ж таки, різницею між зразками з мінімальними

значеннями даної характеристики є виключно режим термічної обробки, а значення ВЗЗ пресування відрізняються на менш ніж 0,5%.

Кількість слабо-зв'язаної вологи також знаходилась у обернено пропорційній залежності від рівня внесення ферменту. Максимальне значення ВЗЗ, отримане методом скапування зафіксовано у зразках I та V, що підтверджує припущення про другорядність впливу тепла з точки зору формування функціональних характеристик для умов використання даної рецептури. Важливим є той факт, що згідно багатьох досліджень [141-146] білково-жирові емульсії, які власне і замінено у рецептурі-аналогу досліджуваною ферментованою сировиною, як правило мають значно нижчу стійкість до впливу тепла (особливо високих температур) та погіршують свої функціонально-технологічні характеристики. Використання ферментації дозволило привести до одного рівня кількість слабо-зв'язаної вологи в групі з меншим вмістом м'ясної сировини у рецептурі. Середня різниця значень ВЗЗ методу скапування між групою із 60% вмісту м'ясної сировини та групою з меншою частиною заміни м'яса у рецептур склала 3,3%, що є позитивним результатом, враховуючи ступінь заміни м'ясної сировини у дослідній групі зразків.

Загальний рівень ВЗЗ, що досліджувався методом центрифугування продемонстрував дещо меншу залежність від внесення ферменту, проте разом з цим можна відзначити більшу залежність загального рівня відділеної вологи від рецептури продукту. Зі зростанням частки рослинної сировини відбувається не велике, проте статистично відтворюване падіння зв'язаної вологи.

З точки зору технологічних показників та застосування у реальних процесах виробництва передусім важливими є наступні чинники

- 1) гідрофільність та стійкість зв'язаної вологи у процесі термічної обробки
- 2) низький рівень відділення вологи у процесі зберігання
- 3) високий ступінь зв'язування вологи в процесі дії сил деформації (пластичного) продукту.

Таким чином, умовно можна розподілити досліджувані значення за тим, наскільки вони впливають на реальні технологічні показники.

1) ВУЗ та ВЗЗ за методом центрифугування. Дані методи дозволяють сформулювати загальне уявлення про міру відділення вологи як під сильним механічним тривалим впливом, так і під впливом тепла, а також зрозуміти різницю між даними видами зв'язку вологи.

2) Використання методу скапування є раціональним при довготривалому дослідженні процесів синерезису або інших форм «старіння» гідрофільних та колоїдних систем, адже даний метод не потребує постійної участі спостерігача і власне за своєю фізичною природою є одним з найменш інтенсивних методів дослідження процесу відділення вологи. Для досліджуваного у технології м'ясомістких січених напівфабрикатів продукту – котлети, або інших продуктів із високою мірою подрібнення (а, як наслідок і великою поверхнею взаємодії фаз та рідин) визначення ВЗЗ методом скапування є дещо ускладненим через низький вміст вільної вологи, проте великою мірою залежить від типу виробу.

3) ВЗЗ за методом пресування дає можливість зібрати максимум інформації щодо того, наскільки потенційно може вплинути зв'язана волога на органолептичні показники та загальні функціональні характеристики продукту. Це обумовлене тим, що саме при пластичній деформації найбільш повно імітується дія сил, які деформують продукт під час надкусу або надрізу. Дана модель є умовною, адже не передбачає ні застосування методу пікових навантажень, ні інших більш складних реологічних досліджень, проте дає уявлення не про власне реологічні характеристики продукту, а про те, як ці характеристики співвідносяться зі зв'язаною у товщі продукту вологою.

Для вираження впливу досліджуваних факторів та характеристики досліджуваних напівфабрикатів можна побудувати рівняння регресії, розраховуючи кожен із коефіцієнтів за наступним алгоритмом –

$$A_0 = (b_1+b_2+b_3+b_4+b_5+b_6+b_7+b_8)/8 \quad (4.1)$$

$$A_1 = (b_1+b_2+b_3+b_4-b_5-b_6-b_7-b_8)/8 \quad (4.2)$$

$$A_2 = (b_1+b_2-b_3-b_4+b_5+b_6-b_7-b_8)/8 \quad (4.3)$$

$$A_3 = (b_1 - b_2 + b_3 - b_4 + b_5 - b_6 + b_7 - b_8) / 8 \quad (4.4)$$

$$A_{1,2} = (b_1 + b_2 - b_3 - b_4 - b_5 - b_6 + b_7 + b_8) / 8 \quad (4.5)$$

$$A_{1,3} = (b_1 - b_2 + b_3 - b_4 - b_5 + b_6 - b_7 + b_8) / 8 \quad (4.6)$$

$$A_{2,3} = (b_1 - b_2 - b_3 + b_4 + b_5 - b_6 - b_7 + b_8) / 8 \quad (4.7)$$

$$A_{1,2,3} = (b_1 - b_2 - b_3 + b_4 - b_5 + b_6 + b_7 - b_8) / 8 \quad (4.8)$$

Для значень ВЗЗ рівняння регресії буде мати вигляд

$$Y = 77,35 - 1,775x_1 + 4,125x_2 + 1,950x_3 - 0,6x_1x_2 - 0,375x_1x_3 - 1,075x_2x_3 + 0,65x_1x_2x_3 \quad (4.9)$$

Відкинувши невагомі члени рівняння та провівши розкодування, отримуємо рівняння регресії

$$Y = 75,12 - 0,889x_1 + 4,125x_2 + 1,950x_3 - 0,6x_1x_2 \quad (4.10)$$

В сучасних умовах, з урахуванням деяких аспектів технології виробництва, можна виділити два види котлет, як січених м'ясних напівфабрикатів:

Перший – це власне котлета за традиційною технологією, яка сформувалась та має прямий асоціативний ряд для переважної більшості споживачів у світі. Даному продукту притаманна дещо більша емульгація фаршевої системи, більша міра подрібнення, висока щільність та вихід продукту. В процесі виробництва традиційних котлет важливим є доведення системи в процесі складання фаршу до максимальної однорідності та фактично завжди до м'ясної сировини додають не м'ясні компоненти – крупи, хлібобулочні вироби, сухарі, тощо. З метою кращого зв'язування системи не рідко вводять сторонні білкові компоненти або емульсії – здебільшого яйце продукти та молоко. Даний виріб характеризується високим виходом при обсмажуванні, значним вмістом жиру та однорідним малюнком фаршу на розрізі (мається на увазі власне малюнок, сформований основною сировиною, в разі потреби для покращення естетичних та органолептичних характеристик може вводиться додатковий компонент – шпик, сир, зелень, тощо, який розміщується на фарш основі після основного процесу складання фаршу та тонкого подрібнення).

Другим типом січених напівфабрикатів є котлета-бургер. При виробництві даного продукту ставляться принципово різні технологічні завдання, порівнюючи із «традиційною» котлетою. Котлета-бургер має порівняно нижчий вихід, більшу частину відділеної в процесі термічної обробки вологи та жиру, що створює характерну соковитість та флейвор продукту. Загалом, ефект відділення жиру та деякої кількості вологи задля більш повного розкриття смакових якостей основної сировини має в своїй основі той же принцип, що традиційно притаманний «білим» ковбасам. Полягає даний принцип у введенні в систему жирної сировини після того, як сформована загальна основа тонкої емульсії фаршу, унеможливаючи таким чином повне зв'язування жиру білоквмісною сировиною та утворюючи в готовому продукті системи «білок у жирі». Ще одним етапом формування заданих органолептичних характеристик у виробництві бургерних котлет є подрібнення основної м'ясної сировини до розміру видимих часток. Це також сприяє зменшенню відносного рівня зв'язування жиру та вологи та допомагає більш яскраво виражати смакові характеристики основної м'ясної сировини. Перенесемо дані у порівняльну таблицю.

Таблиця 4.4 – Відмінності технологічного процесу виробництва котлет

| Назва | Котлета | Котлета-бургер |
|-------------------------------------|--|---------------------------------|
| Вихід, % | 80-110 | 60-90 |
| Консистенція | Однорідна, пластична | Текстурна, пружна |
| Кількість зв'язаного жиру та вологи | Велика | Середня/Низька |
| Вигляд на розрізі | Однорідний (якщо інше не передбачено рецептурою) | Видимі частки основної сировини |

Отже, з наведених даних можна зробити висновки про те, що підходи до оцінки технологічних та функціональних характеристик мають відрізнятися для

даних видів продукції, зважаючи на їх різне цільове призначення та особливості виробництва.

Метод визначення ВЗЗ скапуванням найбільш доцільно використовувати саме для дослідження другого типу напівфабрикатів – котлетів-бургер.

Таблиця 4.5 – Групування зразків за режимом термообробки

| Пара зразків | ΔT , °C | ΔB_{33} | $\Delta B_{33}_{ц}$ | $\Delta B_{33}_{к}$ | $\Delta B_{УЗ}$ | $\Delta Ж_{УЗ}$ | Δ Вмісту вологи, % |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| II-I | 7,3 | 6,6 | 4,2 | 1,8 | 1,4 | -2,1 | 1,4 |
| IV-III | 6,5 | -0,3 | 1,5 | 0,3 | 2,4 | -2,8 | -2,4 |
| VI-V | 7,4 | 5,5 | 0,7 | 2,2 | -5 | 3,4 | 0,8 |
| VIII-VII | 5,8 | 3,8 | -1,4 | 2,1 | 6,4 | 1,2 | 0,6 |

Таблиця 4.6 – Групування зразків за рівнем введення ферменту

| Пара зразків | ΔT , °C | ΔB_{33} | $\Delta B_{33}_{ц}$ | $\Delta B_{33}_{к}$ | $\Delta B_{УЗ}$ | $\Delta Ж_{УЗ}$ | Δ Вмісту вологи, % |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| I-III | 1,2 | 10,5 | 10,8 | 16,3 | 11,2 | 11,4 | 1,5 |
| II-IV | 0,4 | 3,6 | 8,1 | 14,8 | 12,2 | 10,7 | -2,3 |
| V-VII | 2,3 | 10,3 | 16,9 | 17,4 | 3,2 | 15,1 | 1,1 |
| VI-VIII | 0,7 | 8,6 | 14,8 | 17,3 | 14,6 | 12,9 | 0,9 |

Розглянувши показник ВУЗ, варто відзначити, що в цілому збільшення температури термічної обробки при доведенні виробів до кулінарної готовності справляє негативний вплив на значення ВУЗ. Проте, при введенні ферменту та проведенні попередньої ферментної обробки спостерігається поступове зменшення різниці між групою зразків, які проходили термічну обробку при меншій (78°C) та більшій (90 °C) температурах. В разі, якщо згрупувати зразки попарно, залежно від способу обробки, то серед усіх умовних пар зразків (парою вважаємо ті два зразки, які відрізняються між собою лише

температурою термічної обробки) можна виокремити певні закономірності. Для того, щоб більш детально продемонструвати залежність характеристик продукту від внесення ферменту та часу термічної обробки, приведемо табл. попарного групування зразків (табл. 4.5, 4.6). Таким чином, зразки I, III, V та VII було оброблено при 78°C, а зразки II, IV, VI, VIII – при 90°C.

Розглянемо різницю між попарно-згрупованими зразками, що відрізняються рівнем внесення ферменту. Зразки I, II, V, VI були оброблені протеазою ASPN в концентрації 30 мг/кг, тоді як інші зразки (III, IV, VII, VIII) не були оброблені ферментом. З наведених даних, можна побачити, що рівень введення ферменту дозволяє забезпечити стабільне зростання досліджуваних показників. В той же час, різниця у значеннях показників не проявляє яскраво-вираженої залежності від інших факторів – рівня заміни м'ясної сировини та режимів термічної обробки. Якщо розглянути дані, як множину чисел, то двома точками, які випадають з неї будуть різниці у значеннях ВЗЗ (метод пресування) та вмісту вологи між зразками II та IV. Дана пара зразків є найбільш наближеною до «класичної» традиційної технології виробництва м'ясних напівфабрикатів – зразки мають 80% м'ясної сировини у рецептурі та пройшли термічну обробку при 78°C. Таким чином, можна стверджувати, що застосування ферментів при виготовленні даного продукту компенсує вплив більшості інших факторів, зокрема температури термічної обробки та відсотку м'ясної сировини у рецептур. Для інших зразків можна простежити стабільний ріст показників у дослідній групі порівняно із зразками, в яких не використовували ферментативну обробку. Усі досліджувані показники ВЗЗ, ВУЗ та ЖУЗ продемонстрували ріст на 6-10%, порівняно із парними зразками, що відрізнялись відсутністю ферментативної обробки. Максимальною є різниця між значеннями характеристик у парі зразків VI-VIII, що також є аргументом, який демонструє специфіку впливу протеази мікробіологічного походження – у парі зразків, яка аналогічна за рецептурою та режимом термічної обробки до пари II-IV(мінімальний розрив значень), спостерігаються максимальні прояви впливу ферменту. Виходячи з цього, підтверджується специфічна

направленість впливу протеази *Aspergillus niger*. Також можна зробити висновки про те, що даний вид ферментів більш раціонально використовувати саме у м'ясо-містких та м'ясо-рослинних продуктах, проте з підвищенням вмісту м'ясної сировини у рецептурі вплив даного виду протеаз знижується.

Розглядаючи попарний вплив температури термічної обробки, варто відзначити деякі інші закономірності. Максимальна різниця між значеннями ВЗЗ в цілому зафіксована у парі зразків II-I. Дана пара зразків піддавалась попередній ферментації та має високий вміст м'ясної сировини у рецептурі. Варто відзначити, що більші значення ВЗЗ за усіма методами зафіксовані у зразках, що проходили термічну обробку при вищих температурах. Єдиним показником серед досліджуваних, які не демонстрували стійкої тенденції до зростання залежно від підвищення температури термічної обробки було значення ЖУЗ. Серед зразків із вищим вмістом м'ясної сировини у рецептурі даний показник продемонстрував обернено пропорційну залежність від температури обробки. Дана тенденція не була компенсована впливом внесеного ферменту, тому можна говорити про те, що збільшення функціональних властивостей проявляється в основному в усіх видах зв'язування вологи, проте жир, що міститься у м'ясній сировині не змінює ступінь утримання у сировині навіть після ферментативної підготовки.

З наведених результатів можна підсумувати, що фактори, які впливають на функціональні характеристики м'ясомістких напівфабрикатів (серед досліджених трьох факторів) умовно можна розташувати у порядку за спаданням сили впливу наступним чином

- Наявність попередньої ферментативної обробки
- Температура термічної обробки
- Відсоток заміни м'ясної сировини

Серед величин, які зазнають найбільшого зростання при позитивному впливі наведених факторів варто відзначити всі значення ВЗЗ. Серед значень на які ферментивна обробка не проявляє достатнього впливу, щоб компенсувати вплив підвищеної температури обробки можна виділити ЖУЗ,

що знижується разом зі збільшенням температури у зразках із більшим рівнем м'ясної сировини у рецептурі.

4.2 Взаємодія протеази *Aspergillus niger* з іншими видами ферментів

В ході удосконалення технології виробництва м'ясомістких напівфабрикатів важливим є перевірка взаємодії застосованого ферменту (мікробіологічної протеази *Aspergillus niger*) при застосуванні її у властивій досліджуваному виду продуктів фаршевій системі. Ґрунтуючись на даних, розглянутих в розділі 1, для багатьох протеаз існують чіткі оптимальні інтервали рН середовища, в яких вони проявляють активність. Беручи до уваги біотехнологічні аспекти технології м'яса, виникає декілька припущень –

- Можливість вибору декількох пар ферментних препаратів, які проявляють синергетичні ефекти, базуючись на оптимальних умовах середовища та субстратах, які піддаються впливу системи ферментів;
- Можливість в ході вибору відкинути ті пари ферментів, дія яких в одній системі є ускладненою через різниці в оптимальних (або можливих) умовах активності ферментів;
- Можливість побудови послідовного циклу обробки, в якому будуть забезпечуватись умови для поступової активації та інактивації різних видів ферментів, інтенсифікації, уповільнення або поглиблення перебігу процесів за рахунок проведення попередньої або паралельної ферментації;
- Можливість математичного моделювання (прогнозування) ефективності взаємодії досліджуваних ферментів, обчислюючи інтегральним методом область оптимальної температури та значень рН середовища, в яких взаємодіють обрані ферменти.

Серед аналогів досліджуваної протеази мікробіологічного походження було також розглянуто інші ферменти, серед яких актинідин, бромелаїн та фіцін, проте дані препарати не проявляють специфічного впливу, який дозволив би усунути недоліки застосовуваної технології. Внаслідок планування експерименту висунуто три методи обробки, які можуть бути

застосовані для того, щоб досягнути покращення технологічних та сенсорних характеристик продукту.

Перше припущення полягає у можливості проведення успішної паралельної (комбінованої) ферментативної обробки двома видами протеолітичних ферментів. Для перевірки припущення було побудовано експеримент, в якому розроблено три зразки, кожен з яких відрізнявся внесеним окрім протеази *Aspergillus niger* типом іншого протеолітичного ферменту. В ході підготовки даного етапу не застосовували трансглютаміназу, зважаючи на те, що її активність та вплив на формування нових зв'язків між білками у сировині буде компенсувати протеолітичний вплив базового ферменту, зменшуючи його ефективність. Базовими рівнями внесення обраних ферментів обрано такі концентрації, які дають можливість відігравати ефективну роль з впливу на характеристики сировини і в той же час не будуть використовувати в якості субстрату основну частину сировини. Таким чином, для папаїну обрано концентрацію, аналогічну обраній концентрації протеази *Aspergillus niger* – 35 мг/кг. Концентрація ферменту мангольда для ефективної обробки яловичини (згідно технологічних рекомендацій) становить 20-60 мг/кг, залежно від стану оброблюваної сировини (кількість сполучної тканини, вік тварини, від якої тримана дана сировина, зрілість м'яса, перебіг автолітичних процесів і т.п). Виходячи з цих даних, фермент мангольда вносимо в концентрації 25 мг/кг.

Експеримент побудовано таким чином – передбачено 3 змінні фактори, які будуть піддаватись регулюванню – вид ферменту, який вносимо разом з протеазою мікробіологічного походження, час обробки зразків (1 або 2 доби), а також відсоток внесення яловичини у зразок (замінюючи таким чином м'ясо курчат-бройлерів) – 20 або 40%. Матрицю з описом експерименту приводимо у табл. 4.2.1. Для того щоб зібрати додаткові дані по кінетиці дії ферментів при їх синергізмі (або взаємній дії без синергетичних ефектів) при обробці м'ясного фаршу в умовах різного рН середовища проводимо додатковий експеримент. В цьому додатковому експерименті передбачено дослідження двох видів зразків –

свинини нежирної, отриманої від свиноматок, а також яловичини вищого сорту (вирізки) при їх обробці парами ферментів в умовах різних значень рН. Діапазон регулювання рН обираємо з кроком в 0,2 одиниць, відштовхуючись від значень рН, які може приймати система у м'ясопродуктах (4,5 – 7,5). Для цього, щоб регулювати значення рН середовища, м'ясну сировину ін'єктували розчином ферментів, який відповідно олузнювали харчовим гідрокарбонатом натрію або підкислювали харчовою лимонною кислотою. В якості показника впливу на м'ясну сировину визначали пластичність зразків після перебігу ферментації. Температура ферментативної обробки – 6 °С, тривалість – 24 год. Для того, щоб більш наглядно представити дані, вводимо показник, обернений до абсолютного значення пластичності – зміну пластичності у % до значення контрольного (необробленого) зразка. Отримані результати приведені на рис. 4.1 в формі графіків.

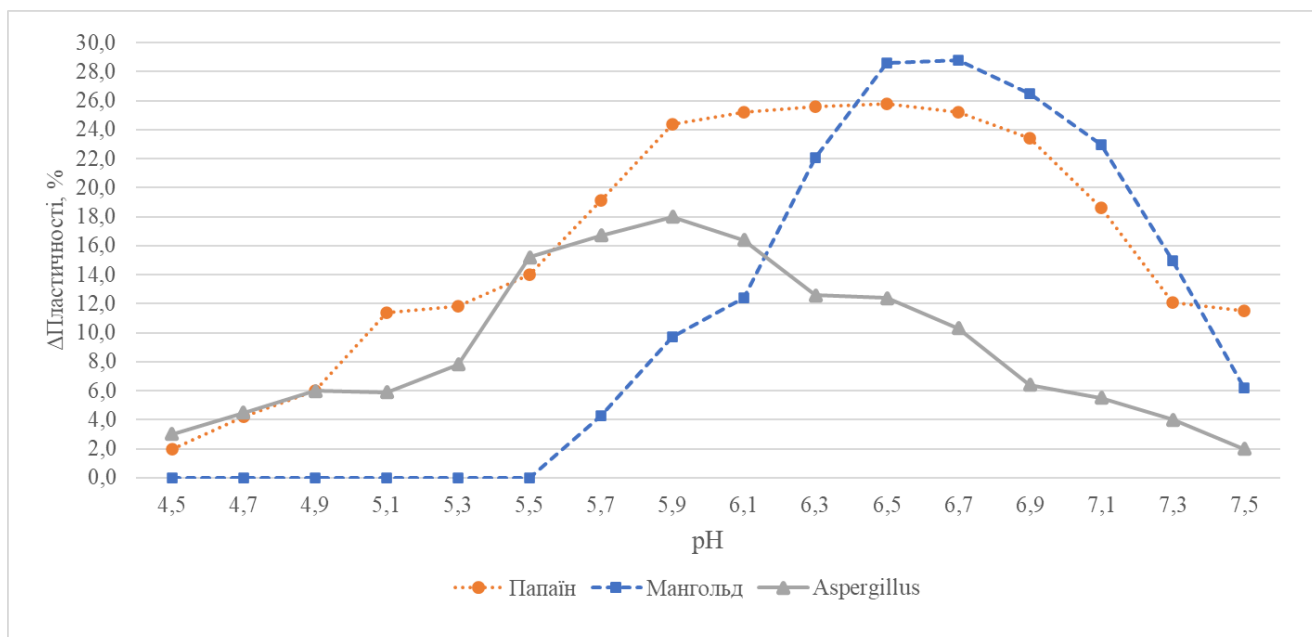


Рисунок 4.1. – Взаємодія ферментів у обраному діапазоні рН

Для того, щоб обчислити ефективність взаємодії ферментів, варто ввести деякі специфічні показники. Перш за все, варто усікти графік, відфільтровуючи ті межі зміни пластичності зразка, які є малосприйнятними та не перевищують межі впливу протеази *Aspergillus niger* на зразки яловичини. Також варто зазначити, що для переважної більшості продуктів різниця значень 2-5% для

пластичності продукту не проявляє критичного впливу на загальну органолептичну оцінку. Ще однією причиною фільтрації точок та дани на графіку є специфічна форма кривих, отриманих після проведення досліджень – на усіх трьох графіках точка зміни пластичності у 6% є перехідною щодо різкого зниження чи зменшення активності. Для того, щоб створити більш чіткі взаємозалежності, вводимо лінії трендів, які відповідно позначаємо за першою літерою використовуваного ферменту: А – *Aspergillus niger*, М – мангольд, П – папайн. В отриманому графіку можна визначити діапазон значень рН, на якому спостерігається зростання активності ферменту мангольда та зниження активності мікробіологічної протеази (Тренд А). Виходячи з цього, для визначення ефективності синергетичної взаємодії, можна ввести критерій чисельного вираження. Умовно позначаємо даний критерій як синергетичний коефіцієнт (СК). Приймаємо в якості чисельного вираження площу частини графіка (в даному випадку заштрихованого трикутника), що обмежена двома кривими при їх перетині. Для того, щоб знайти площу даної частини графіку варто проінтегрувати отримані рівняння в обраному діапазоні.

$$\begin{aligned}
 СК(AM) &= \int_{5,7}^{7,1} (-0,1181x^3 + 2,2924x^2 - 9,2095x + 8,4854 + 0,0256x^3 - \\
 &\quad - 0,8674x^2 + 7,4835x - 3,4852) dx \\
 &= \int_{7,1}^{5,7} (1,425x^2 - 1,7260x + 5,002 - 0,0925x^3) \approx 39,23
 \end{aligned}$$

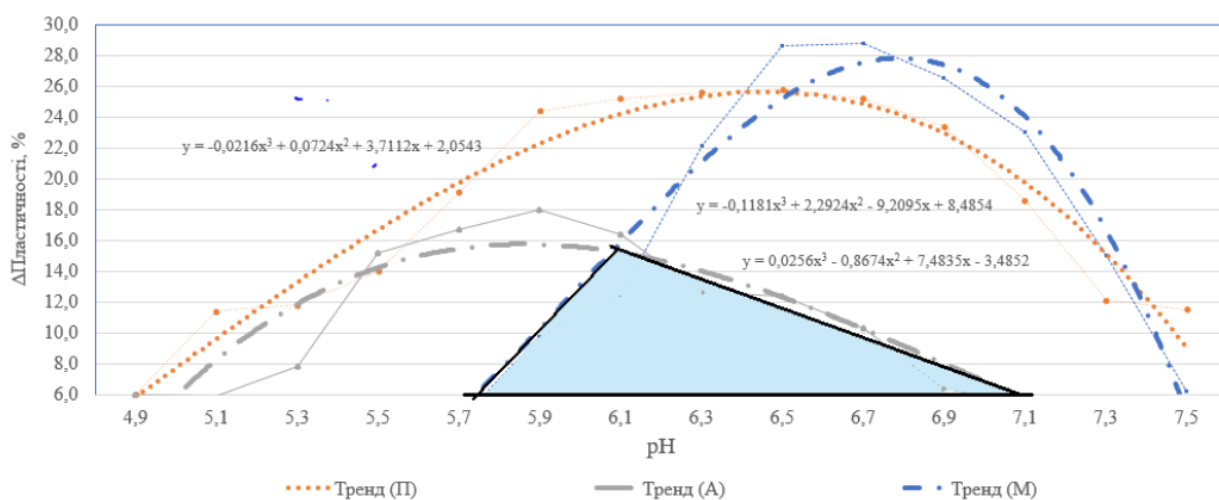


Рисунок 4.2 – Ефективний діапазон взаємодії ферментів

Для взаємодії папаїну та протеази мангольда

$$\begin{aligned} \text{СК(ПМ)} &= \int_{5,7}^{7,5} (-0,1181x^3 + 2,2924x^2 - 9,2095x + 8,4854 - 0,0216x^3 \\ &\quad + 0,0724x^2 + 3,7112x + 2,40543) dx \\ &= \int_{5,7}^{7,5} (2,3648x^2 - 5,4983x + 10,8908 - 0,1397x^3) \approx 67,21 \end{aligned}$$

Таким чином, можна зробити висновок про те, що для компенсації недостатньої активності досліджуваної протеази (тренд А на графіках 4.1-2) краще підходить протеаза мангольда, в той же час як даний фермент має великий спектр спільних оптимальних значень рН середовища разом з папаїном. Обробку усіх зразків проводили за температури 4-6°C та при відносній вологості повітря 80-85 %.

Отримані після термічної обробки характеристики досягнуті за рахунок впливу обох видів ферментів. Разом з тим було вироблено контрольну групу з двох зразків, які відрізнялись відсутністю додаткового ферменту у рецептурі та часом обробки, який не варіювався і становив 2 доби. Характеристики цих зразків наводимо у табл. 4.9 під назвами К та К1 (відповідно зразок із більшим та меншим вмістом яловичини).

Таблиця 4.7 – Режими обробки зразків яловичини досліджуваними видами ферментів

| Назва зразку | Частка яловичини, % | Вид ферменту, | Тривалість обробки, діб |
|--------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| А | 25 | Мангольд | 1 |
| В | 25 | Мангольд | 2 |
| С | 25 | Папаїн | 1 |
| Д | 25 | Папаїн | 2 |
| Е | 15 | Мангольд | 1 |
| F | 15 | Мангольд | 2 |
| G | 15 | Папаїн | 1 |
| Н | 15 | Папаїн | 2 |

Таблиця 4.8 – Рецептури дослідних зразків з комбінованою ферментативною обробкою

| Сировина | Група зразків | |
|---------------------------------------|---------------|-----|
| | A-D | E-H |
| М'ясо стегна курчат-бройлерів, % | 25 | 40 |
| Яловичина I сорту, % | 30 | 15 |
| Клітковина пшенична Vitacel WF-200, % | 5 | 5 |
| Шпик боковий, % | 5 | 5 |
| Панірувальні сухарі, % | 5 | 5 |
| Нут та сочевиці гідратовані, % | 30 | 30 |
| Всього | 100 | 100 |

Таблиця 4.9 – Характеристики зразків напівфабрикатів з комбінованою ферментативною обробкою після термічної обробки

| Назва зразку | BЗЗ, % | ВУЗ, % | ЖУЗ, % | Вихід, % | Пластичність, см ² · кг/г |
|--------------|----------|----------|----------|-----------|--------------------------------------|
| A | 82,4±2,1 | 72,6±1,5 | 62,4±1,8 | 92,0±2,2 | 1056,3±9,6 |
| B | 85,1±1,8 | 70,9±1,9 | 66,0±1,3 | 95,4±1,7 | 1102,0±10,2 |
| C | 76,8±1,4 | 77,4±1,3 | 70,8±1,5 | 90,2±1,5 | 1239,9±11,1 |
| D | 77,5±1,2 | 74,8±1,5 | 72,2±1,6 | 98,8±1,9 | 1245,2±9,9 |
| E | 80,3±1,7 | 67,5±1,9 | 83,2±1,2 | 96,2±1,7 | 1420,7±7,4 |
| F | 77,9±2,0 | 68,7±2,1 | 81,7±1,8 | 101,6±2,1 | 1460±10,6 |
| G | 83,2±1,8 | 74,1±1,1 | 76,9±1,7 | 93,4±1,8 | 1520,2±8,8 |
| H | 80,0±1,3 | 70,2±1,6 | 73,3±1,1 | 98,8±1,5 | 1504,6±11,3 |
| K | 71,4±1,5 | 60,9±1,8 | 54,6±1,3 | 84,5±1,9 | 853,4±7,8 |
| K1 | 75,0±1,8 | 63,3±1,5 | 52,0±1,2 | 89,8±2,1 | 932,2±9,3 |

Примітка: K1 – зразок із застосуванням яловичини (25%) без внесення додаткового виду ферментів; K - зразок із застосуванням яловичини (15%) без

внесення додаткового виду ферментів; А-Н – зразки з характеристиками згідно з табл. 4.8.

З наведених даних можна зробити висновок про те, що усі зразки з дослідних груп проявили вищі функціональні характеристики, ніж зразки контрольної групи. Максимальні виходи досягнуті у зразках Е та F, які ферментували протеазою мангольда протягом відповідно 1 та 2 діб. Також дані зразки можна вважати оптимальними за величиною значень ЖУЗ. З точки зору утримання вологи, найбільші значення ВЗЗ зафіксовано у зразках А та В, які також ферментували мангольдом, проте їх рецептура включала вищий рівень заміни курятини на яловичину. З отриманих даних можна зробити висновки про те, що введення протеази мангольда може бути альтернативою використанню папаїну, зважаючи на його синергетичні властивості відносно протеази *Aspergillus niger*.

Для того, щоб підтвердити або спростувати переваги протеази мангольда у даній технології виробництва напівфабрикатів, варто розглянути інший спосіб ферментативної обробки сировини – роздільну обробку яловичини перед змішуванням фаршу без внесення протеази мангольда або папаїну у весь обсяг сировини. Отримані дані приводимо у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Характеристики зразків при паралельній ферментації

| Назва зразка | ВЗЗ, % | ВУЗ, % | ЖУЗ, % | Вихід, % | Пластичність, см ² · кг/г |
|--------------|----------|----------|----------|----------|--------------------------------------|
| A1 | 82,4±2,2 | 75,1±2,1 | 63,1±1,4 | 97,3±2,2 | 1256,0±13,5 |
| B1 | 85,1±1,9 | 66,4±1,8 | 60,9±1,2 | 90,1±1,9 | 1620,9±11,9 |
| C1 | 76,8±1,8 | 79,2±1,9 | 71,1±1,4 | 93,3±1,1 | 1289,9±12,5 |
| D1 | 77,5±2,0 | 70,3±1,5 | 70,3±1,7 | 89,4±1,3 | 1465,1±14,2 |
| E1 | 80,3±1,4 | 71,0±1,5 | 78,5±1,6 | 97,0±1,5 | 1460,3±10,9 |
| F1 | 77,9±1,6 | 64,3±1,8 | 77,3±1,8 | 94,5±1,8 | 1622,2±11,1 |
| G1 | 83,2±1,5 | 76,8±2,0 | 75,2±1,1 | 96,2±1,2 | 1582,4±10,6 |
| H1 | 80,0±2,0 | 65,9±1,9 | 70,2±1,3 | 92,3±1,6 | 1594,3±9,8 |
| K | 71,4±1,9 | 60,9±1,4 | 54,6±1,5 | 84,5±2,0 | 853,4±11,0 |
| K1 | 75,0±1,5 | 63,3±1,6 | 52,0±1,8 | 89,8±1,4 | 932,2±12,9 |

Як видно з наведених даних, такий метод обробки сировини сприяє підвищенню досліджуваних характеристик протягом першої доби ферментації, проте при взаємодії протеази мангольда та папаїну виключно з білками яловичини та прояві специфічної активності по відношенню до даної сировини, на другу добу протеоліз призводить до різкого зростання пластичності та зниження значень усіх досліджуваних показників. З цієї точки зору, можна зробити такі висновки –

- При паралельному (не одночасному) протеолізі можна зменшувати час обробки або концентрацію папаїну або протеази мангольда з метою отримання прийнятних за рівнем функціональних властивостей продуктів;

- При проведенні одночасної ферментації оптимального результату можна досягти після 1 доби ферментативної обробки для протеази мангольда або після 2 діб для папаїну;

- Введення в рецептуру досліджуваних напівфабрикатів яловичини позитивно впливає на функціональні характеристики готових продуктів після термічної обробки при використанні одночасної ферментації протеазою мікробіологічного походження та протеазою мангольда або папаїном для впливу на білки яловичини;

- Використання яловичини у рецептурах таких продуктів без внесення додаткової ферментної сировини приводить до зниження усіх функціональних характеристик.

Для дослідження можливості послідовної ферментативної обробки використання протеази мікробіологічного походження в технології реструктурованих виробів, розроблено план експерименту із використанням трансглютамінази (надалі ТГ). План експерименту наведено у табл. 4.11, а рецептуру продукту – у табл. 4.12.

Таблиця 4.11 – Режими обробки напівфабрикатів з використанням яловичини трансглютаміназою

| Назва зразку | Частка яловичини, % | Тривалість обробки, діб | Вид ферменту |
|--------------|---------------------|-------------------------|------------------|
| I | 25 | 1 | Трансглютаміназа |
| II | 25 | 2 | |
| III | 15 | 1 | |
| IV | 15 | 2 | |

Таблиця 4.12 – Характеристики зразків при внесенні трансглютамінази

| Назва зразку | ВЗЗ, % | ВУЗ, % | ЖУЗ, % | Вихід, % | Пластичність, см ² · кг/г |
|--------------|----------|----------|----------|-----------|--------------------------------------|
| I | 88,7±1,7 | 79,6±2,1 | 67,2±1,1 | 101,0±2,2 | 822,0±5,5 |
| II | 92,4±1,1 | 81,0±1,4 | 70,8±0,9 | 104,2±1,8 | 917,4±8,1 |
| III | 80,0±1,3 | 76,5±1,6 | 65,8±1,3 | 95,5±1,2 | 950,6±6,9 |
| IV | 82,2±1,0 | 74,4±1,2 | 68,6±0,7 | 98,2±1,6 | 1082,1±7,8 |

Рівняння регресії для визначення впливу досліджуваних факторів (частка яловичини у рецептурі та тривалість ферментативної обробки трансглютаміназою) розраховуємо за формулами (4.1-4.8). Отримуємо рівняння регресії

Для ВЗЗ:

$$Y = 85,825 + 4,725x_1 - 1,475x_2 - 0,375x_1x_2 \quad (4.11)$$

Для виходу:

$$Y = 99,725 + 2,875x_1 - 1,475x_2 - 0,125x_1x_2 \quad (4.12)$$

Для пластичності:

$$Y = 943,030 + 73,325x_1 - 56,725x_2 - 9,025x_1x_2 \quad (4.13)$$

Наявна тенденція до зменшення пластичності та збільшення рівня зв'язування вологи у зразках, що містили більшу кількість яловичини у рецептурах (зразки I – II). Проте, застосування двох видів ферментів представляє цінність для обмеженого асортиментного переліку продуктів. Недоліки та переваги даного методу наведено у табл. 4.13

Таблиця 4.13 – SWAT-аналіз застосування комбінації ферментів у технології м'ясопродуктів

| Сильні сторони | Слабкі сторони |
|--|---|
| Високі органолептичні показники продукту Широкий асортимент сировини | Висока вартість виробництва Додаткові технологічні операції |
| Можливості | Загрози |
| Розширення асортименту продуктів Розробка більш контрольованих процесів виробництва | Ускладнення контролю виробництва Коливання собівартості продукту |

4.3 Залежність характеристик готових продуктів від способу термічної обробки

Зважаючи на отримані результати, було розроблено план дослідів, метою якого визначено встановити вплив термічних режимів на характеристики готового продукту. З огляду на можливість застосування протеаз мікробіологічного походження при високотемпературній обробці, актуальним продуктом для тестування вплив даного ферменту є увесь спектр м'ясних та м'ясомістких продуктів, які проходять термічну обробку методом фритюру. Згідно класичної для даних продуктів категорії технології обробки, існує три варіанти термічної обробки. Згідно першого варіанту передбачено виготовлення продуктів для зберігання у стані готового виробу, тому термічна обробка проводиться одразу після короткострокового (30-45 хв) підморожування при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Власне процес термічної обробки проводять в гарячій суміші рослинних олій або рослинної олії з тваринним жиром за температури $165-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 3-8 хв (залежно від рецептури та обраної температури).

Рецептура суміші для панірування включала в себе гідроколоїди, модифікований кукурудзяний крохмаль, модифікований пшеничний крохмаль, борошно з пшениці твердих сортів, рисове борошно, воду та панірувальні сухарі. Рецептuru суміші для панірування подана у табл. 4.14 разом із рецептурою напівфабрикатів (м'ясної основи).

Технологічний процес включав в себе первинне подрібнення м'ясної та рослинної сировини, ферментативну обробку протягом 1 доби при концентрації протеази *Aspergillus niger* 30 мг/кг. Для інактивації основної частини ферменту та зупинки процесу протеолізу, отриманий ферментований фарш заморожували протягом 4-6 год для зменшення пластичності та формування порційних напівфабрикатів. Після заморожування фарш нарізали на шматки розміром 20x40x10 мм та наносили панірування.

Термічну обробку проводили згідно плану ПФЕ з двома факторами, де першим фактором була температура обробки, а другим – тривалість термічної обробки. Усі вироби обробляли у дві стадії. Перша стадія була однаковою для усіх 4 груп зразків і проводилась при 160-165 °С протягом 30 с. Мета даного етапу термічної обробки – спричинити денатурацію білків та зміни у поверхні виробу, для того, щоб панірування ущільнилось та можна було зберігати продукт у замороженому стані. Після першого етапу термічної обробки та остигання до температури у товщі виробів до 18±2 °С проводили заморожування отриманих напівфабрикатів при -18±1 °С протягом 24 годин.

Другий етап термічної обробки проводився згідно з планом експерименту. Температуру обробки варіювали в двох режимах – 165 °С та 190°С та двох тривалостях – 7 та 10 хв.

Таблиця 4.14 – Режими обробки напівфабрикатів у фритюрі

| Назва зразка | Температура обробки, °С | Час обробки, хв |
|--------------|-------------------------|-----------------|
| А | 190 | 10 |
| В | 190 | 7 |
| С | 165 | 10 |
| Д | 165 | 7 |

Таблиця 4.15 – Рецептури дослідних зразків напівфабрикатів, оброблених у фритюрі

| Назва інгредієнту | Вміст, % |
|-------------------------------------|----------|
| М'ясо стегна курчат-бройлерів | 32,0 |
| Нут | 12,0 |
| Сочевиця | 12,0 |
| Клітковина пшенична Vitacel WF 300 | 3,0 |
| Карбоксиметилцелюлоза | 1,0 |
| Вода | 20,0 |
| Всього (фарш-основа) | 80,0 |
| Панірування: | |
| Панірувальні сухарі пшеничні | 1,5 |
| Модифікований кукурудзяний крохмаль | 1,5 |
| Модифікований пшеничний крохмаль | 1,0 |
| Борошно з пшениці твердих сортів | 4,0 |
| Рисове борошно | 2,0 |
| Вода | 10,0 |
| Разом | 100,0 |

Таблиця 4.16 – Характеристики готових виробів після обсмажування у фритюрі

| Назва зразку | ВЗЗ, % | ВУЗ, % | ЖУЗ, % | pH | Вихід, % | Вміст жиру, % | Пластичність, см ² · кг/г |
|--------------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------------|--------------------------------------|
| A | 83,6±1,1 | 88,2±1,6 | 52,6±0,9 | 6,3±0,11 | 79,4±0,22 | 27,2±0,5 | 549,3±10,2 |
| B | 80,9±0,8 | 84,7±0,9 | 49,4±1,1 | 6,5±0,08 | 77,1±0,36 | 23,5±0,2 | 488,6±6,5 |
| C | 86,8±1,0 | 91,3±1,4 | 62,8±1,2 | 6,5±0,06 | 72,8±0,52 | 19,2±0,4 | 349,6±8,4 |
| D | 89,0±1,3 | 86,9±1,1 | 64,3±0,8 | 6,4±0,10 | 74,5±0,47 | 20,3±0,3 | 420,2±7,8 |

Розраховуємо рівняння регресії згідно формул (4.1-4.8), отримуючи наступні рівняння:

Для ВЗЗ:

$$Y = 85,075 - 0,079x_1 + 1,880x_2 \quad (4.14)$$

Для ВУЗ:

$$Y = 89,375 - 0,005x_1 - 0,06x_2 \quad (4.15)$$

Для виходу:

$$Y = 75,950 + 2,300x_1 + 0,150x_2 + 1,000x_1x_2 \quad (4.16)$$

Для пластичності:

$$Y = 451,925 + 67,025x_1 - 2,475x_2 \quad (4.17)$$

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновки про те, що оптимальних характеристик готових виробів вдалось досягти при високих температурах термічної обробки. Це збігається із припущенням про те, що зі збільшенням температури обробки ступінь проникнення жиру у товщу продукту зменшується завдяки тому, що поверхня виробу дегідратується з більшою швидкістю, створюючи так звану «плівку» або «решітку» з денатурованих білків, дегідрованих гідроколоїдів та продуктів реакції Майяра.

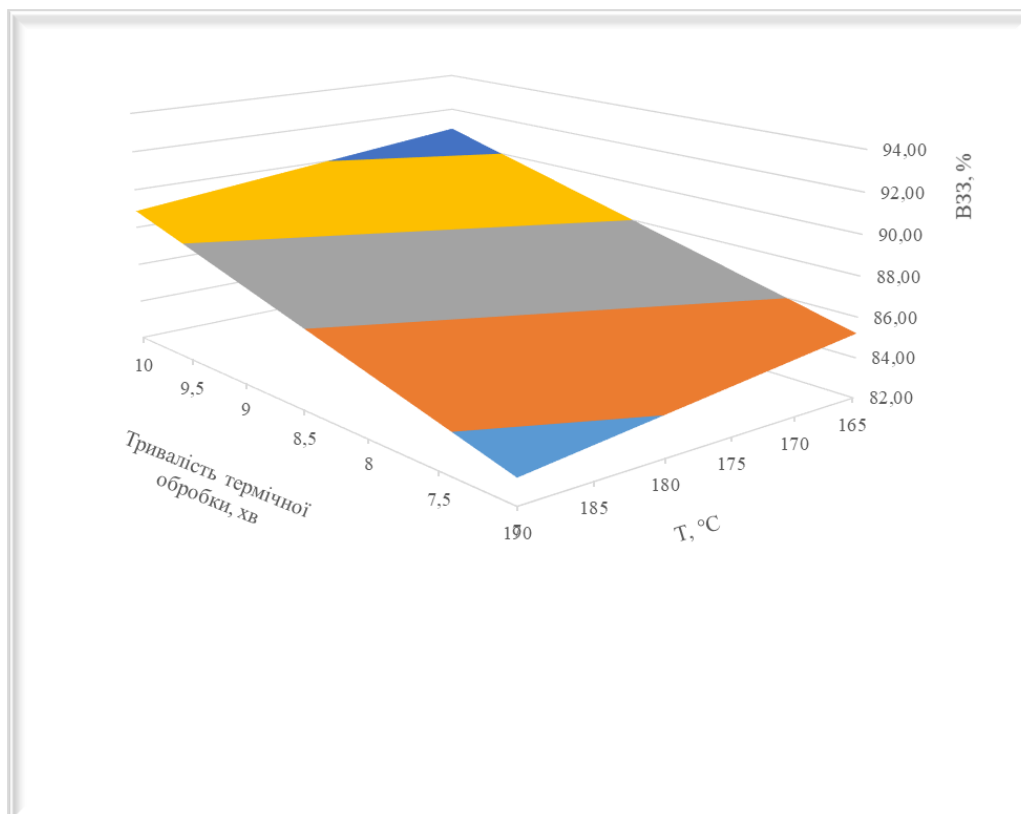


Рисунок 4.3 – Математична модель впливу режимів термообробки на ВЗЗ готових м'ясомістких напівфабрикатів після обробки у фритюрі

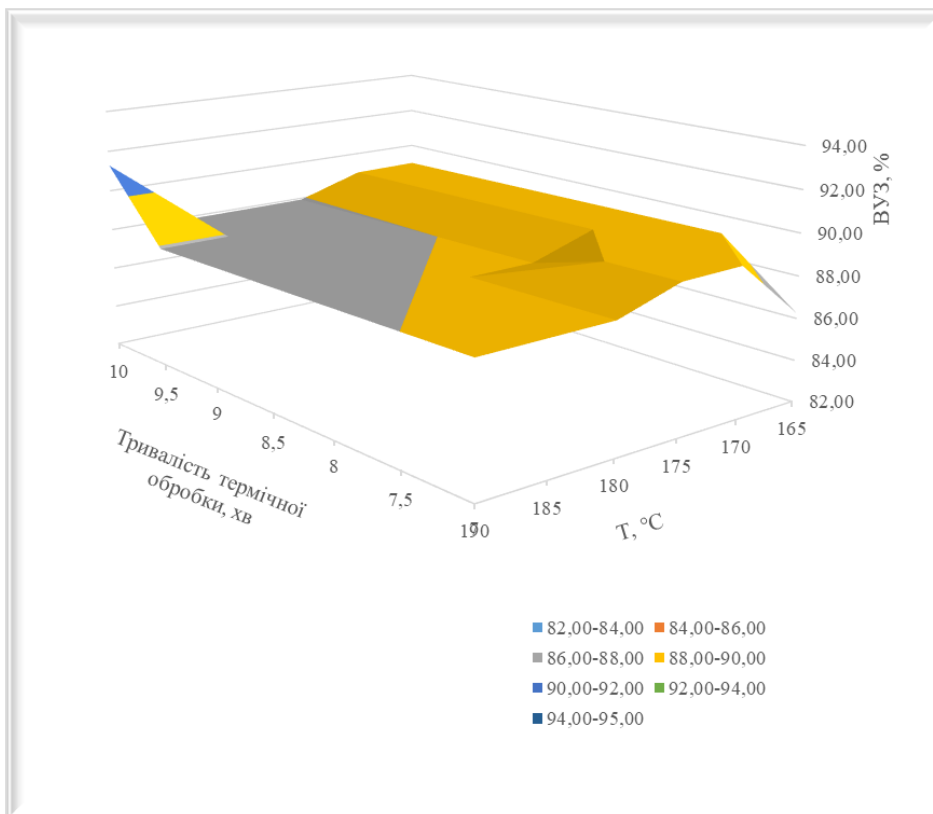


Рисунок 4.4 – Модель впливу режимів термічної обробки на ВУЗ готових напівфабрикатів

4.4 Прогнозування ефективності застосування протеази *Aspergillus niger* у технології м'ясомістких напівфабрикатів

Дослідження амінокислотного складу готових виробів проводили двома методами – за допомогою математичного моделювання та визначення вмісту амінокислот хроматографічним методом. Порівняння двох методів визначення вмісту амінокислот, базуючись на даних, отриманих розрахунковим та дослідним методом, може свідчити про ефективність прогнозування та моделювання амінокислотного складу розробленого продукту. В якості дослідних зразків обрано напівфабрикати, оброблені пароводяною сумішшю, рецептури яких наведено у табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Рецептури зразків на етапі моделювання амінокислотного складу

| Сировина | Зразок | |
|---------------------------------------|----------|-----|
| | Контроль | №1 |
| Свинина нежирна, % | - | - |
| М'ясо стегна курчат-бройлерів, % | 40 | 40 |
| Клітковина пшенична Vitacel WF-200, % | 6 | 5 |
| Шпик боковий, % | 15 | 10 |
| Панірувальні сухарі, % | 5 | 5 |
| Вода, % | 14 | - |
| БЖЕ, %, в тому числі | 25 | - |
| <i>Білок свинячої шкурки, %</i> | 4 | - |
| <i>Суша молочна сироватка, %</i> | 1 | - |
| <i>Вода, %</i> | 15 | - |
| Нут гідратований | - | 20 |
| Сочевиця гідратована | - | 20 |
| Всього | 100 | 100 |

Таблиця 4.18 – Розрахунковий амінокислотний склад контрольного зразка

| Амінокислота. | Кількість мг | % по мг | СКОР в % |
|---------------|-----------------|------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Лізін | 1,349 | 7,08 | 128,6 |
| Гістидин | 0,476 | 2,50 | |
| Аргінін | 1,113 | 5,84 | |
| О-пролін | 0,530 | 2,78 | |
| Асп. Кисл. | 1,274 | 6,68 | |
| Треонін | 0,804 | 4,22 | 105,4 |
| Серин | 0,785 | 4,12 | |
| Глут. Кисл. | 3,160 | 16,57 | |
| Пролін | 1,267 | 6,64 | |
| Гліцин | 1,423 | 7,46 | |

Продовження табл. 4.18

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---------------|------------|--------------|
| Аланін | 1,637 | 8,59 | |
| Цистин | 0,297 | 1,56 | 120,0 |
| Валін | 0,711 | 3,73 | 74,6 |
| Метіонін | 0,561 | 2,94 | |
| Ізолейцин | 0,528 | 2,77 | 69,3 |
| Лейцин | 1,636 | 8,58 | 122,1 |
| Тиросин | 0,604 | 3,17 | 122,8 |
| Фенілаланін | 0,911 | 4,78 | |
| Сума | 19,066 | 100 | |

Моделювання амінокислотного складу, проведене із застосуванням засобів програмного забезпечення, а також із використанням математичних засобів середовища MS Excel, базуючись на даних з амінокислотного складу інгредієнтів, дає можливість зробити висновок про високу біологічну цінність, що варто перевірити дослідним шляхом.

Таблиця 4.19 – Фактичний амінокислотний склад контрольного зразка

| Амінокислота. | Кількість мг | % по мг | СКОР в % | ΔСКОР в % |
|---------------|-----------------|------------|--------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Лізин | 1,302 | 6,99 | 127,0 | -1,6 |
| Гістидин | 0,424 | 2,28 | | |
| Аргінін | 1,095 | 5,88 | | |
| О-пролін | 0,550 | 2,95 | | |
| Асп. Кисл. | 1,264 | 6,78 | | |
| Треонін | 0,696 | 3,73 | 93,4 | -12,1 |
| Серин | 0,768 | 4,12 | | |
| Глут. Кисл. | 3,090 | 16,58 | | |
| Пролін | 1,254 | 6,73 | | |
| Гліцин | 1,423 | 7,64 | | |

Продовження табл. 4.19

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|------------|------|--------------|------|
| Аланін | 1,637 | 8,78 | | |
| Цистин | 0,286 | 1,53 | 118,1 | -1,9 |
| Валін | 0,705 | 3,78 | 75,7 | 1,1 |
| Метіонін | 0,562 | 3,02 | | |
| Ізолейцин | 0,519 | 2,78 | 69,6 | 0,4 |
| Лейцин | 1,575 | 8,45 | 120,2 | -1,8 |
| Тиросин | 0,610 | 3,27 | 126,9 | 4,1 |
| Фенілаланін | 0,876 | 4,70 | | |
| Сума | 18,63 6 | 100 | | |

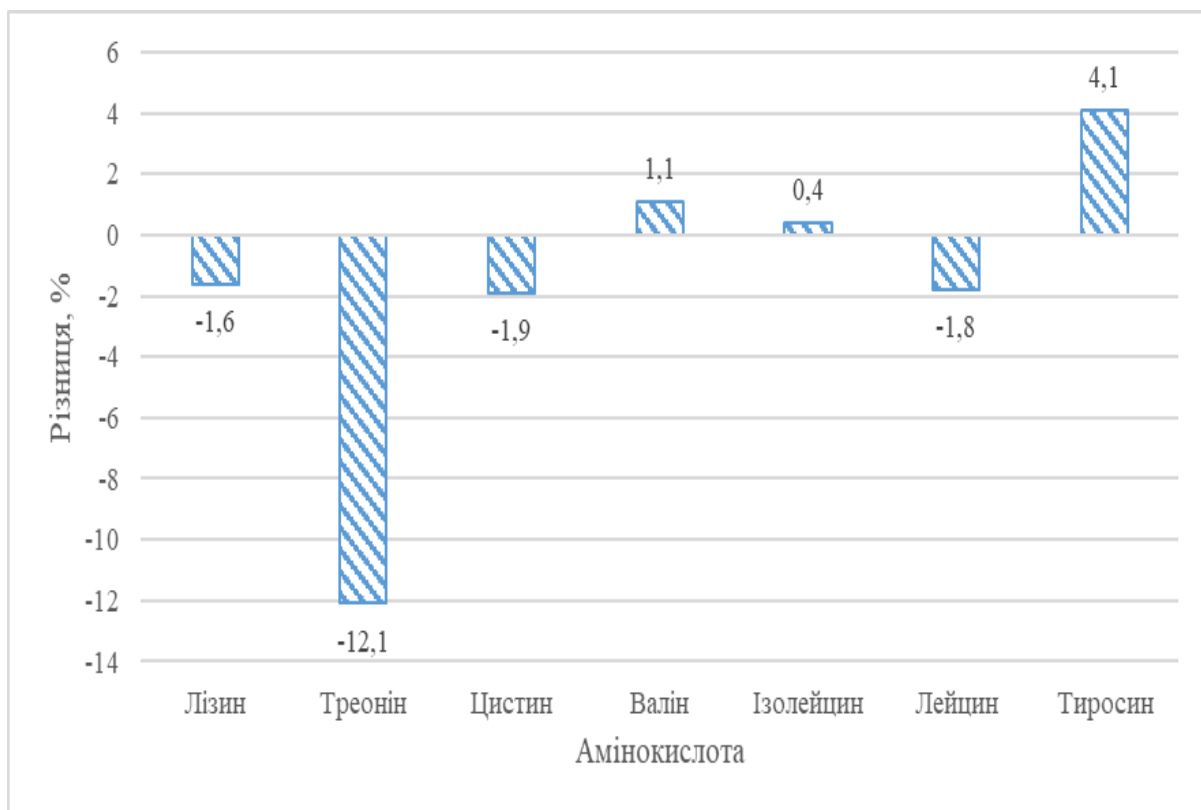


Рисунок 4.5 – Різниця між розрахунковим та фактичним амінокислотним СКОР, %

Як видно з приведених даних, дослідні значення амінокислотного СКОРу для контрольної рецептури є нижчими за розрахункові для усіх амінокислот крім тиросину, ізолейцину та валіну. Проте, відхилення у значеннях коливається у межах 5% для усіх амінокислот, окрім лізину, що варто враховувати в процесі моделювання амінокислотного складу нових продуктів.

Доцільно також провести моделювання амінокислотного складу дослідної рецептури. Як можна бачити з отриманих даних, обрахунок значень амінокислотного складу продукту є важливим при розробленні нових видів продукції з підвищеною біологічною цінністю, проте не враховує вплив ферментативної обробки, зокрема протеолітичні процеси, що відбуваються в процесі взаємодії білків основної сировини із протеазою *Aspergillus niger*. Після визначення амінокислотного складу дослідним шляхом, отримаємо дані (табл. 4.21).

Таблиця 4.20 – Розрахунковий амінокислотний склад зразка за рецептурою 1

| Амінокислота | Кількість мг | % по мг | СКОР в % |
|--------------|-----------------|------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Лізін | 1,382 | 7,30 | 132,8 |
| Гістидин | 0,452 | 2,39 | |
| Аргінін | 1,104 | 5,83 | |
| О-пролін | 0,545 | 2,88 | |
| Асп. Кисл. | 1,248 | 6,60 | |
| Треонін | 0,764 | 4,04 | 100,9 |
| Серин | 0,755 | 3,99 | |
| Глут. Кисл. | 3,134 | 16,56 | |
| Пролін | 1,256 | 6,64 | |
| Гліцин | 1,420 | 7,50 | |
| Аланін | 1,647 | 8,70 | |

| | | | |
|--------|-------|------|--------------|
| Цистин | 0,305 | 1,61 | 124,0 |
| Валін | 0,703 | 3,72 | 74,3 |

Продовження табл. 4.20

| | | | |
|-------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Метіонін | 0,565 | 2,99 | |
| Ізолейцин | 0,550 | 2,91 | 72,7 |
| Лейцин | 1,655 | 8,75 | 124,4 |
| Тиросин | 0,632 | 3,34 | 129,5 |
| Фенілаланін | 0,859 | 4,54 | |
| Сума | 18,976 | 100 | |

Таблиця 4.21 – Фактичний амінокислотний склад зразка за рецептурою 1

| Амінокислота. | Кількість, мг | % по мг | СКОР в % | ΔСКОР в % |
|---------------|---------------|------------|--------------|-----------|
| Лізин | 1,442 | 7,47 | 135,9 | 3,1 |
| Гістидин | 0,424 | 2,20 | | |
| Аргінін | 1,099 | 5,70 | | |
| О-пролін | 0,550 | 2,85 | | |
| Асп. Кисл. | 1,266 | 6,56 | | |
| Треонін | 0,810 | 4,20 | 104,9 | 4,0 |
| Серин | 0,760 | 3,94 | | |
| Глут. Кисл. | 3,105 | 16,09 | | |
| Пролін | 1,290 | 6,69 | | |
| Гліцин | 1,440 | 7,46 | | |
| Аланін | 1,655 | 8,58 | | |
| Цистин | 0,351 | 1,82 | 139,9 | 15,9 |
| Валін | 0,722 | 3,74 | 74,8 | 0,5 |
| Метіонін | 0,560 | 2,90 | | |
| Ізолейцин | 0,554 | 2,87 | 71,8 | -0,9 |
| Лейцин | 1,692 | 8,77 | 124,7 | 0,3 |
| Тиросин | 0,674 | 3,49 | 135,4 | 5,9 |
| Фенілаланін | 0,902 | 4,67 | | 3,1 |
| Сума | 19,296 | 100 | | |

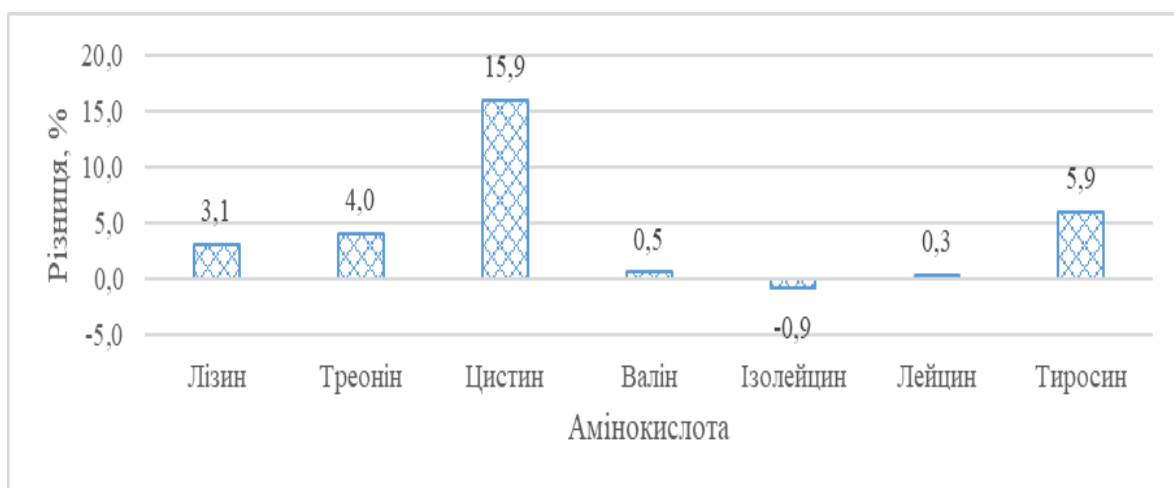


Рисунок. 4.6 – Різниця між розрахунковим і дослідним значенням амінокислотного SKOPу для рецептури 1

Для порівняння характеристик розробленої рецептури із аналогом, доцільним є порівняння вмісту амінокислот та SKOPу контрольної та дослідної рецептур.

Таблиця 4.22 – Порівняння амінокислотного SKOPу дослідного та контрольного зразків

| Амінокислота. | % по мг | % по мг | SKOP в % | SKOP в % | Δ, % |
|---------------|---------|---------|--------------|--------------|------|
| Лізин | 6,99 | 7,47 | 127 | 135,9 | 8,9 |
| Треонін | 3,73 | 4,2 | 93,4 | 104,9 | 11,5 |
| Цистин | 1,53 | 1,82 | 118,1 | 139,9 | 21,8 |
| Валін | 3,78 | 3,74 | 75,7 | 74,8 | -0,9 |
| Ізолейцин | 2,78 | 2,87 | 69,6 | 71,8 | 2,2 |
| Лейцин | 8,45 | 8,77 | 120,2 | 124,7 | 4,5 |
| Тиросин | 3,27 | 3,49 | 126,9 | 135,4 | 8,5 |

Зважаючи на отримані дані, можна зробити висновок про те, що ферментативна обробка м'ясо-рослинної системи, до складу якої входить м'ясо курчат-бройлерів, пшенична клітковина, нут та сочевиця гідратовані та шпик

боковий, дозволяє підвищити значення СКОР семи досліджуваних амінокислот. У порівнянні з аналогом, максимальну різницю у значеннях СКОРу амінокислот зафіксовано для цистину – 21,8 %, а мінімальну – для валіну – 0,9 %.

Моделювання жирнокислотного складу розроблених напівфабрикатів виконано беручи до уваги дані про вміст жирних кислот в кожному виді використовуваної сировини, включно з рецептурами виробів-аналогів. Для моделювання жирнокислотного складу використовували програму «ВІО1» [148, 149]. За основу розрахунку взято аналог – котлети «Пожарські» за ДСТУ 4437:2007.

Моделювання жирнокислотного складу продукту виконано, беручи до уваги вміст інгредієнтів у рецептурі, тобто відсоток компоненту у рецептурі наведено у виді цілого числа та прийнято до уваги як коефіцієнт перед рівнем вмісту розраховуваного інгредієнту. Розрахунки для кожної жирної кислоти виконано за формулою:

$$A_i = C_1 \cdot q_1 + C_2 \cdot q_2 + \dots + C_n \cdot q_n \quad (4.18)$$

Де A_i – вміст жирної кислоти на 100 г модельного зразка, г; $C_{1,2,n}$ – вміст заданого інгредієнту у продукті, виражений у цілому числі; q_1 - вміст досліджуваної жирної кислоти на 100 г даного інгредієнту, г.

Таким чином, вміст кислот родини омега-6 становить:

$$A_{\omega 6} = 1,45 \cdot 0,26 + 0,84 \cdot 0,56 + 5,6 \cdot 0,04 = 1,07 \text{ г/100 г}$$

Провівши моделювання вмісту жирних кислот на 100 г продукту, можна підсумувати, що жирнокислотний склад котлет «Пожарські» відрізняється від оптимальних значень. Отже, відношення вмісту ПНЖК до вмісту НЖК становить 0,84, а відповідний коефіцієнт для кислот родин омега 6 і омега 3 становить 11,3 до 1 [148, 149]. З метою порівняння значень жирнокислотного складу наводимо розраховані значення профіля котлет «Пожарських» в таблиці 4.23.

Таблиця 4.23 – Характеристики жировмісної сировини котлет «Пожарські»

| Показник | Шпик боковий | Стегно курчат-бройлерів | Меланж | Борошно пшеничне |
|--------------------------|--------------|-------------------------|--------|------------------|
| НЖК, % | 39,64 | 1,4 | 9,8 | 0,8 |
| МНЖК, % | 45,56 | 2,07 | 18,2 | 0,65 |
| ПНЖК,% з яких | 10,6 | 0,89 | 6,3 | 1,6 |
| ω -6 | 9,9 | 0,84 | 5,6 | 1,45 |
| ω -3 | 0,70 | 0,05 | 0,70 | 0,15 |
| ПНЖК/НЖК | 0,27 | 0,63 | 0,64 | 2,0 |
| ω -6/ ω -3 | 14,14 | 16,8 | 8,0 | 9,67 |

Таблиця 4.24 – Розрахунковий склад котлет «Пожарські»

| Показник | Розраховані значення |
|--------------------------|----------------------|
| НЖК, % | 1,38 |
| МНЖК, % | 2,06 |
| ПНЖК,% з яких | 1,17 |
| ω -6 | 1,07 |
| ω -3 | 0,1 |
| ПНЖК/НЖК | 0,84 |
| ω -6/ ω -3 | 11,3 |

Серед причин такого явища можна виділити відносно не велику частку м'ясної сировини та низьку біологічну ефективність жиру курчат-бройлерів. Жир курчат-бройлерів має високий вміст ПНЖК, але не наближене до оптимального відношення вмісту жирних кислот родин омега-6 та омега-3. Пшеничне борошно, яке є другим за відсотковим вмістом інгредієнтом рецептури-аналога проявляє відношення вмістів ПНЖК та НЖК в межах 1,9-2,05, (приймаємо 2,0 для розрахунків), що призводить до зростання відповідного співвідношення у готовому продукті, тоді як вміст кислот омега-6

залишається надмірним (співвідношення ω -6/ ω -3 для борошна – 9,7 до 1) [148, 149].

Для досягнення наближеного до збалансованого жирнокислотного складу хліба та 10-30 % м'яса курчат-бройлерів доцільно замінити білково-жировою емульсією. Для покращення текстури готових виробів доцільним є застосування клітковини. Клітковина (на відміну від пшеничного борошна) майже не включає в себе жирову фазу, що нівелює явище зміщення жирних кислот в бік переважання ПНЖК. Також перевагою застосування клітковини є її радіопротекторні властивості та позитивний вплив на процеси, що відбуваються в шлунково-кишковому тракті [149, 150]. Введення свинячого жиру (зокрема сала) має на меті змістити баланс в сторону НЖК та покращити органолептичні показники напівфабрикатів.

В процесі застосування модифікованих жирів було використано модифіковані жири двох видів. Рецептатура першого виду модифікованого жиру включала в себе рослинні олії у співвідношеннях: ріпакова – 63%, пальмова – 7%, пальмовий олеїн – 30% (зразок 1). Рецептатура другого виду жиру включала 70% пальмової, 25% кукурудзяної і 5% лляної олії (зразок 2). Склад наведених зразків представлено у таблиці 4.24.

З наведених даних можна зробити висновок, що введення до складу напівфабрикатів на основі м'яса курчат-бройлерів даних видів модифікованих жирів дозволить наблизити співвідношення ПНЖК до НЖК та ω -6/ ω -3 до рекомендованого рівня. Це обґрунтовано тим, що м'ясо курчат-бройлерів, яке має низьке співвідношення між ω -6 і ω -3 та високе між ПНЖК та НЖК буде збагачено кислотами омега-3 та насиченими жирними кислотами, отже матиме більшу повноцінність за жирнокислотним складом [149, 150].

Для покращення консистенції та функціональних характеристик напівфабрикатів до складу рецептур вносили гідратовану пшеничну клітковину в якості заміни хліба та борошна. Також модельні рецептури включають в себе шпик та білково-жирову емульсію на основі модифікованих жирів. У процесі моделювання враховуємо раніше проведені дослідження, що довели

високі органолептичні та функціонально-технологічні показники рецептур напівфабрикатів на основі м'яса курчат бройлерів, клітковини та білково-жирових емульсій з застосуванням модифікованих жирів аналогічного складу [148]. В ході досліджень встановлені раціональні відсоткові частки внесення наведених вище складових інгредієнтів.

Основою обраної рецептури є м'ясо курчат -бройлерів, кількість якого становить 40-45%, білково-жирова емульсія на основі модифікованих жирів та пшенична клітковина з ступенем гідратації 14:6. Варіанти рецептур наводимо у таблиці 4.

Білково-жирова емульсія містила у своєму складі білки свинячої шкурки та суху молочну сироватку, для підвищення біологічної цінності. Співвідношення між білками свинячої шкурки, сухою молочною сироваткою, жиром та водою становило відповідно 4:1:5:15 для усіх зразків білково-жирової емульсії. БЖЕ відрізнялась тільки видом застосовуваного в рецептурі модифікованого жиру.

Таблиця 4.25 – Показники жирнокислотного складу моделей-аналогів

| Показник | №1 | №2 | №3 |
|---------------|------|------|------|
| НЖК, % | 5,56 | 5,64 | 5,72 |
| МНЖК, % | 7,55 | 7,75 | 7,95 |
| ПНЖК,% з яких | 2,59 | 2,70 | 2,81 |
| ω-6 | 2,23 | 2,30 | 2,38 |
| ω-3 | 0,37 | 0,40 | 0,43 |
| ПНЖК/НЖК | 0,47 | 0,48 | 0,49 |
| ω-6/ ω-3 | 6,10 | 5,80 | 5,55 |

При проведенні розрахунків жирнокислотного складу враховуємо тільки жировмісну сировину, а саме: м'ясо курчат-бройлерів, сало, модифікований жир та панірувальні сухарі.

Так, вміст кислот родини омега-6 у першому модельному зразку становив:
 $A_{\omega 6} = 1,45 \cdot 0,05 + 0,84 \cdot 0,45 + 9,9 \cdot 0,1 + 19,64 \cdot 0,04 = 2,23$ г/100 г

Для того, щоб оцінити жирнокислотний склад розроблених продуктів, доцільно розглянути також дані щодо вмісту жирних кислот у нуті та сочевиці [151, 152]. Приводимо дані щодо жирнокислотного складу даних інгредієнтів у таблиці 4.26. Після проведення розрахунків за алгоритмом, аналогічним алгоритму для зразків-аналогів, отримуємо дані щодо жирнокислотного складу, наведені у таблиці 4.27.

Сумарний вміст жирних кислот у розрахунку на 100 г напівфабрикату у контрольному (котлети «Пожарські курячі») та дослідних зразках наводимо у таблиці 4.28. Після проведеного моделювання, можна зробити висновки, що розроблені рецептури напівфабрикатів мають нижчий вміст жиру, а жирнокислотний склад даних виробів є більш збалансованим [148, 149].

Загальний вміст жирних кислот у контрольному зразку та модельованому продукті значено відрізняється. Отже, для котлет «Пожарські курячі» вміст жирних кислот на 100 г продукту складає 4,61 г/100 г, для моделей-аналогів (із застосуванням білково-жирової емульсії та купажованих жирів модифікованого типу) максимальний вміст жирних кислот становить 16,48 г/100 г (модель 3).

Таблиця 4.26 – Жирнокислотний склад нуту та сочевиці

| Показник | Нут | Сочевиця |
|----------------|------|----------|
| НЖК, % | 0,20 | 0,15 |
| МНЖК, % | 0,18 | 0,35 |
| ПНЖК, % з яких | 2,20 | 1,30 |
| ω-6 | 1,40 | 0,90 |
| ω-3 | 0,70 | 0,40 |
| ПНЖК/НЖК | 11,0 | 8,67 |
| ω-6/ ω-3 | 2,0 | 2,25 |

Таблиця 4.27 – Жирнокислотний склад розроблених напівфабрикатів

| Показник | Рецептура 1 | Рецептура 2 |
|----------------|-------------|-------------|
| НЖК, % | 1,07 | 1,45 |
| МНЖК, % | 4,35 | 6,02 |
| ПНЖК, % з яких | 3,12 | 2,88 |
| ω-6 | 2,36 | 2,02 |
| ω-3 | 0,64 | 0,86 |
| ПНЖК/НЖК | 2,92 | 1,99 |
| ω-6/ ω-3 | 3,69 | 2,35 |

В той же час максимальний вміст жирних кислот у 100 г продукту для рецептури 1 (із застосуванням стегна курчат-бройлерів) становить 8,54 г/100 г, а для рецептури 2 (із застосуванням свинини) даний показник становить 10,35 г/100 г. Це свідчить про те, що вміст жирних кислот у модельному продукті сприяє його здатності ефективніше забезпечувати добові норми людського організму у цьому інгредієнті [148, 149].

Таблиця 4.28 – Вміст жирних кислот у 100 г продукту

| Зразок | Розрахований вміст жирних кислот, г на 100 г продукту |
|----------------------------|---|
| Котлети «Пожарські курячі» | 4,61 |
| Модель 1 | 15,7 |
| Модель 2 | 16,09 |
| Модель 3 | 16,48 |
| Рецептура 1 | 8,54 |
| Рецептура 2 | 10,35 |

Кількісний вміст жирних кислот для усіх груп великою мірою підвищується у модельних зразках-аналогах, що обумовлено не тільки зміною якісних співвідношень та природи застосовуваних жирів, але також

збільшенням частки жиру у рецептурі напівфабрикатів. Вміст насичених жирних кислот є значно вищим ніж у контролі і знаходиться у межах 5,56-7,13 г/100 г проти 1,38 г/100 г для контрольного зразка. Найбільший вміст НЖК спостерігається у моделі №6, а найменший – у моделі №1. В цілому вміст НЖК є прямо пропорційним до рівня введення білково-жирових емульсій, але коливається у відносно малому інтервалі значень.

Вміст мононенасичених жирних кислот має дещо більший крок варіювання а також більшу різницю між значеннями контрольного зразка та розрахованих моделей. Вміст МНЖК на 100 г продукту становить для котлет «Пожарські курячі» лише 2,06 г/100 г, проти найменшого для модельних зразків значення 6,72 г/100 г (зразок №4). Найбільший вміст МНЖК згідно розрахунків спостерігається у модельному зразку № 3 і становить 7,95 г/100 г.

ПНЖК у всіх модельованих рецептурах за своїм вмістом також значно переважають вміст цього компонента у контрольному зразку [148, 149].

Так для контрольного зразка частка ПНЖК становить 1,17 г/100 г, а у модельних зразках цей показник знаходиться в межах від 2,27 до 2,81 г/100 г продукту.

Якісний склад ПНЖК характеризується співвідношенням між кислотами родин омега-6 та омега-3. В ході розрахунків та моделювання виявлено чітку тенденцію не тільки до збільшення вмісту кислот цих родин у модельних зразках, а й до зміщення співвідношення між ними у сторону рекомендованого (8-10) [148, 149].

Контрольний зразок містить 1,07 г/100 г кислот родини омега-6, проте має дуже низький вміст кислот родини омега-3 – 0,1 г/100 г, що обумовлює перевищення цього співвідношення понад рекомендовані норми – 11,3 (при рекомендованому 8-10). У модельних зразках вміст кислот обох родин (омега-6 і омега-3 значно перевищує відповідний показник контрольного зразку. Вміст кислот родини омега-6 знаходиться у межах 2,04-2,38 г/100 г, а омега-3 – 0,23-0,43 г/100 г. Але варто звернути увагу також на відношення між цими групами

жирних кислот. Порівняно з контрольним зразком спостерігається зміщення показника в сторону рекомендованого.

Загалом відношення омега-6 до омега-3 знаходиться у межах 5,55-8,83. Найбільш наближеним до рекомендованого є показники зразків 4 і 5, проте варто звернути увагу на загальну високу кількість кислот родини омега-6 у раціоні населення. Завдяки високому вмісту кислот омега-3 модельні зразки 1-3 можуть змістити співвідношення жирних кислот заданих груп у сторону омега-3 кислот, наближаючи його до рекомендованого [148, 149].

Співвідношення між ПНЖК та НЖК проявляє тенденцію до зниження у модельній групі порівняно з контролем і наближається до рекомендованого (0,4). Для контрольного зразка даний показник є значно вищим і становить 0,84, що перевищує рекомендовану норму більш ніж удвічі. У модельній групі відношення ПЖНК до НЖК коливається у межах 0,338-0,491.

Варто відмітити те, що у групі із застосуванням в рецептурі модифікованого жиру другого типу (моделі 4-6) крок зміни цього значення є дуже малим і вимагає переходу до тисячних для його підрахунку, тоді як в моделях 1-3 варіювання є значнішим. Максимально наближене до рекомендованого співвідношення має модельний зразок 1 – 0,466.

Для оцінки якісного складу жиру усіх зразків варто перейти від шкали г/100 г до відсоткового вмісту жирних кислот на 100 г жиру. Це дозволить нівелювати вплив загального збільшення жиру у продукті і оцінити біологічну повноцінність конкретної жирової фази. Для того щоб перейти від г/100 г до % від загальної маси жиру необхідно врахувати загальний вміст жиру у 100 г напівфабрикату. Наведені дані по якісному складу жирової фази контрольного та модельних зразків наводимо у таблиці 4.28 [148, 149].

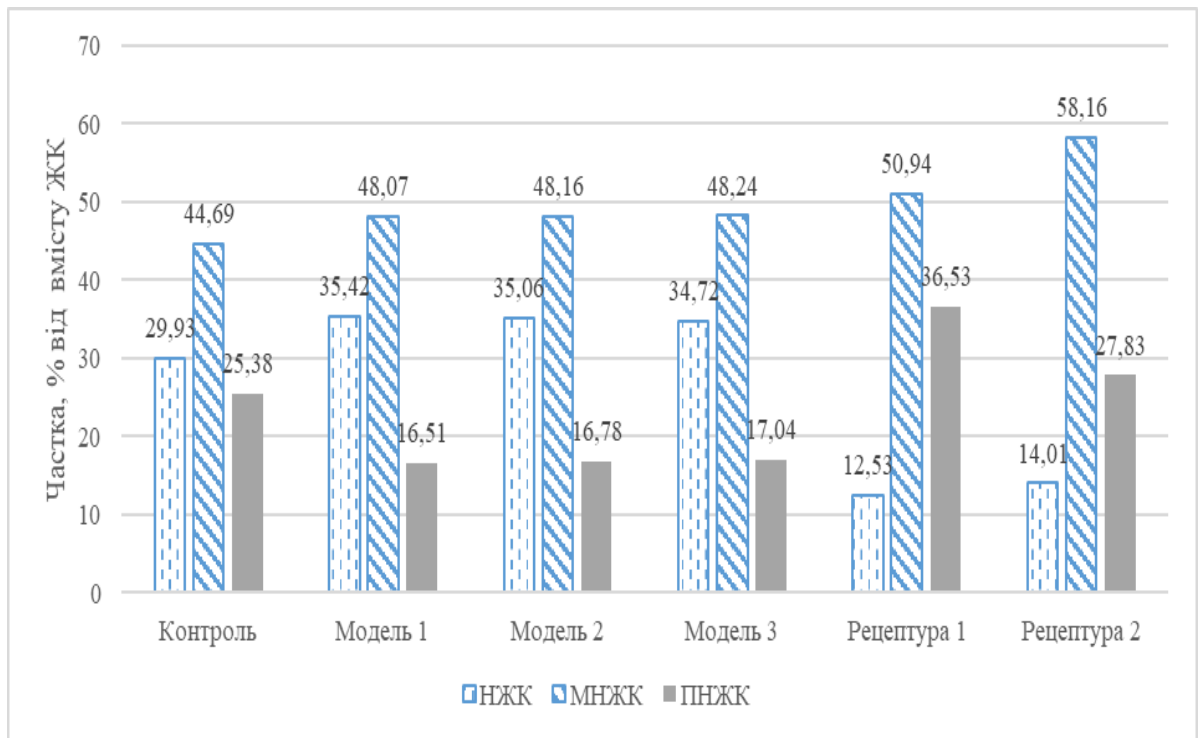


Рисунок. 4.7 – Частка груп жирних кислот розроблених рецептур та аналогів у загальному вмісті жирних кислот, %

Вміст НЖК у відсотковому співвідношенні на 100 г жиру у дослідній групі зразків напівфабрикатів є меншим, ніж відповідний показник контрольного зразка та моделей-аналогів. Попри те, що насичені жирні кислоти мають низьку біологічну ефективність, вони не справляють негативного впливу в тому разі, якщо їх вміст компенсується відповідним вмістом у продукті ПНЖК, що в свою чергу наближає показники розроблюваного продукту до оптимальних співвідношень між НЖК та ПНЖК [148, 149].

Вміст МНЖК у всіх зразках, включаючи контрольний знаходиться у межах 42,03-48,16, отже не зазнає різких коливань. З цього можна зробити висновок про те, що вміст МНЖК найбільше залежить від вмісту м'ясної сировини, а саме м'яса курчат бройлерів. Низький рівень коливань цього параметра обумовлений невисоким вмістом МНЖК у м'ясі курчат-бройлерів, тому зниження даної сировини в рецептурі з 56 до 40% не призвело до значного зниження відсоткового вмісту МНЖК у 100 г жиру і компенсувалось внесенням модифікованих жирів [148, 149].

Таблиця 4.29 – Вміст груп жирних кислот у зразках напівфабрикатів, %
від маси жиру

| Показник | НЖК, % | МНЖК, % | ПНЖК, % |
|-------------|--------|---------|---------|
| Контроль | 29,93 | 44,69 | 25,38 |
| Модель 1 | 35,42 | 48,07 | 16,51 |
| Модель 2 | 35,06 | 48,16 | 16,78 |
| Модель 3 | 34,72 | 48,24 | 17,04 |
| Рецептура 1 | 12,53 | 50,94 | 36,53 |
| Рецептура 2 | 14,01 | 58,16 | 27,83 |

Концентрація в сировині поліненасичених жирних кислот на 100 г жиру суттєво відрізняється у контрольному і модельних зразках. Незважаючи на факт того, що ПНЖК проявляють максимальну біологічну цінність і їх вміст у контрольному зразку є вищим, біологічна повноцінність розроблених зразків перебуває на вищому рівні, зважаючи на оптимальні співвідношення між ПНЖК на НЖК.

В цілому модельні зразки мають вищу біологічну ефективність жиру та більший його вміст на 100 г продукту, що доводить ефективність комбінування заданих інгредієнтів у рецептурах м'ясних січених напівфабрикатів на основі м'яса курчат бройлерів [148, 149].

За побудованими математичними моделями та розрахунками можна підсумувати те, що ефективність використання модифікованих жирів як джерела жирних кислот в цілому та ПНЖК зокрема є досить високою. Модельований теоретичний жирнокислотний склад досліджуваних рецептур близький до оптимальних значень з точки зору рекомендацій споживання жирних кислот у раціоні людини.

Висока біологічна цінність проявляється не лише у наближених до

оптимальних співвідношеннях між родинами жирних кислот, але й у вагомому рості вмісту жиру у напівфабрикатах.

4.4.1. Розрахунок економічної ефективності застосування цільової ферментації в технології напівфабрикатів м'ясомістких

Для того, щоб спрогнозувати ефективність застосування протеази мікробіологічного походження *Aspergillus niger* з точки зору економічної доцільності, варто розрахувати собівартість виробництва контрольної та дослідної рецептури. За контрольну рецептуру приймаємо рецептуру, наведену у розділі 3 (табл. 3.5). Розрахунок собівартості ведемо методом побудови калькуляції за таким алгоритмом

- 1) Визначення витрат сировини на 100 кг готового продукту, базуючись на дослідних даних
- 2) Визначення вартості кожного компоненту сировини на підставі ринкових цін.
- 3) Перемножування ціни 1 кг кожного компоненту на фактичну потребу з урахуванням виходу готового продукту
- 4) Складання загальної вартості 100 кг готового продукту

Наприклад для визначення вартості курятини (м'яса стегна курчат-бройлерів без кістки) у контрольній рецептурі

$$G_k = M * C * 100 / b = 40,0 * 92,0 * 100 / 100,8 = 3650,56 \text{ грн} / 100 \text{ кг} = 36,56 \text{ грн/кг гот прод.}$$

, де М – потреба у сировині на 100 кг напівфабрикату до термічної обробки, С – ціна 1 кг даної сировини, b – вихід готового продукту, %.

Після проведення калькуляцій, вносимо дані у таблицю 4.30. При проведенні розрахунків деякі категорії продуктів не перемножуємо на значення виходу, так як їх в багатьох випадках їхні втрати вже закладені у вигляді зміни маси інших інгредієнтів. До цих категорій відносимо воду та ферментну сировину, яка розраховується не залежно від виходу продукту.

Таблиця 4.30 – Розрахунок собівартості продукції

| Сировина | Потреба, кг/ 100 кг | | | З урахуванням виходу, кг/ 100 кг | | | Ціна, грн/кг | Вартість, грн /100 кг готового продукту | | |
|--|---------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------------|---|----------|----------|
| | Контроль | А | В | Контроль | А | В | | Контроль | А | В |
| Вихід, % | 100,8 | 103,9 | 101,9 | | | | | | | |
| Потреби у сировині: | | | | | | | | | | |
| Свинина нежирна, % | - | - | 40 | - | - | 39,25 | 110,0 | - | - | 4317,5 |
| Стегно курчат-бройлерів, % | 40 | 40 | - | 39,68 | 38,50 | - | 92,0 | 3650,56 | 3542 | - |
| Клітковина пшенична, % | 6 | 5 | 5 | 5,95 | 4,81 | 4,91 | 58,0 | 345,1 | 278,98 | 284,78 |
| Шпик боковий, % | 10 | 10 | 10 | 9,92 | 9,62 | 9,81 | 42,0 | 416,64 | 404,04 | 412,02 |
| Панірувальні сухарі, % | 5 | 5 | 5 | 4,96 | 4,81 | 4,91 | | 188,48 | 182,78 | 186,58 |
| Вода, % | 14 | - | - | 14 | - | - | 0,8 | 11,2 | - | - |
| БЖЕ, %, в тому числі | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Блок свинячої шкурки, %</i> | <i>4</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>3,97</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>255,0</i> | <i>1012,35</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| <i>Суміш кукурудзяної та ріпакової олій, %</i> | <i>5</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>4,96</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>53,5</i> | <i>265,36</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| <i>Суха молочна сироватка, %</i> | <i>1</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>0,99</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>34,0</i> | <i>33,66</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| <i>Вода, %</i> | <i>15</i> | <i>10</i> | <i>10</i> | <i>15</i> | <i>10</i> | <i>10</i> | <i>0,8</i> | <i>12</i> | <i>8</i> | <i>8</i> |
| Нут | - | 10 | 10 | - | 9,62 | 9,81 | 46,0 | - | 442,52 | 451,26 |
| Сочевиця гідратована | - | 10 | 10 | - | 9,62 | 9,81 | 52,0 | - | 500,24 | 510,12 |
| Протеаза <i>Aspergillusniger</i> | - | 0,004 | 0,004 | - | 0,004 | 0,004 | 1690,0 | - | 6,76 | 6,76 |
| Всього | - | - | - | - | - | - | - | 5935,35 | 5365,32 | 6177,02 |

Згідно з отриманими даними, розрахована собівартість за сировиною становить

Для контрольної рецептури – 59,35 грн/кг

Для рецептури А - 53,65 грн/кг

Для рецептури В – 61,77 грн/кг

Проте, варто зазначити, що порівняння рецептури В з контрольною рецептурою є не зовсім коректним через різні види основної сировини, яка застосовується в даних зразках. Для того, щоб вирахувати прогнозовану собівартість рецептури-аналога контрольної з використанням свинини, припускаємо що значення виходу буде співставним з фактичним через низьку масову частку м'ясної сировини -

$G_{кс} = 5935,35 - 3650,56 + 39,68 * 110,0 = 6649,59 \text{ грн} / 100 \text{ кг} = 66,50$
грн/кг гот. прод.

Результати порівняння собівартості сировини для досліджуваних рецептур наводимо у табл. 4.31

Таблиця 4.31 – Порівняння собівартості сировини дослідних рецептур

| Назва | Контроль | Контроль (свинина) | Рецептура А | Рецептура В | |
|--|----------|-----------------------|----------------|-----------------------|--------|
| Собівартість, грн/ кг | 59,35 | 66,50 | 53,65 | 61,77 | |
| Частка, % від собівартості контрольної рецептури | 100,0 | 100,0 | 90,40 | Контроль | 104,08 |
| | | | | Контроль (свинина) | 92,89 |

4.4.2. Дослідження мікробіологічних показників напівфабрикатів із застосуванням цільової ферментації

Для того, щоб визначити ефективність впливу удосконаленої технології на терміни зберігання січених м'ясомістких напівфабрикатів, було виготовлено 3 зразки виробів за дослідною технологією, та контрольний зразок, що був

виготовлений за аналогічною рецептурою, проте в своїй технології виробництва не передбачав обробки протеазою мікробіологічного походження. Серед дослідної групи зразків проводили оптимізацію кількості внесеної протеази, корегуючи її концентрацію від 15 до 60 мг/кг сировини з кроком 15 мг/кг, отримуючи таким чином вміст ферментного препарату у зразку I – 15 мг/кг, зразку II – 30 мг/кг, III – 45 мг/кг та 60 мг/кг для зразка IV.

В якості основної сировини використовували м'ясо стегна курчат-бройлерів, клітковину, суміш гідратованих сочевиці та нуту, а також шпик боковий свинячий. Вимірювання показників мікробіологічної стабільності проводили після 10 діб зберігання продуктів в термічно-обробленому стані. Термічну обробку усіх зразків проводили в термокамері за допомогою паро-водяної суміші з відносною вологістю 96 ± 2 %. Перша фаза термічної обробки являла собою нагрів до температури 60 °C в товщі продукту та тривала 10 хв після досягнення даної температури в найбільш віддаленому від стінок камери зразку. Після прогріву проводили обробку паро-водяною сумішшю за температури 76 ± 1 °C протягом ще 20 хв, після чого в товщі зразків продукту було досягнуто температуру $72,5 \pm 0,5$ °C та витримано експозицію протягом 8 хв.

Мікробіологічні показники продукції досліджували після 5, 7, 10 та 14 діб зберігання продукту з моменту повного його остигання. Показники мікробіологічної безпечності продукту після 14 діб зберігання наведено у таблиці 4.31. З наведених даних можна зробити висновок про те, що використання протеази *Aspergillus niger* дало можливість подовжити терміни зберігання розроблених зразків на 3 доби у порівнянні з контрольним зразком, де не була проведена ферментативна обробка. Внесення надмірної кількості ферментного препарату спричиняє негативний вплив на органолептичні показники продукту, спричиняючи надміру м'яку консистенцію, у зв'язку з чим продукт втрачає привабливий для споживача вигляд ще до набуття неприйнятних показників мікробіологічної безпечності.

Таблиця 4.31 – Мікробіологічні показники продукції після 14 днів зберігання

| Назва зразку | МАФAM, КУО/г | БГКП в 0,1 г | Бактерії роду Salmonella, в 25 г продукту | Дріжджі, КУО/г |
|--------------|--------------------|--------------|---|-------------------|
| Контроль | $11,5 \times 10^5$ | Не виявл. | <10 | <10 |
| Зразок I | $9,1 \times 10^5$ | Не виявл. | <10 | <10 |
| Зразок II | $8,4 \times 10^5$ | Не виявл. | <10 | <10 |
| Зразок III | $9,2 \times 10^5$ | Не виявл. | <10 | <10 |
| Зразок IV | $8,6 \times 10^5$ | Не виявл. | <10 | <10 |

Приймаючи за норму значення для напівфабрикатів січених по вмісту МАФAM - не більше, ніж 10×10^5 , можна зробити висновок про те, що контрольний зразок став не придатним до споживання протягом 14 днів зберігання. Відштовхуючись від цього факту, було розроблено повторну серію зразків за аналогічною схемою експерименту на етапі підготовки, проте, дослідження мікробіологічних показників проводили на 3, 5, 7 добу зберігання, а починаючи з 9 днів зберігання – відбирали зразки на кожну добу. Після проведення аналізу встановлено терміни зберігання готової продукції контрольної та дослідної груп, дані щодо яких наведено в формі графіку (рис. 4.9).

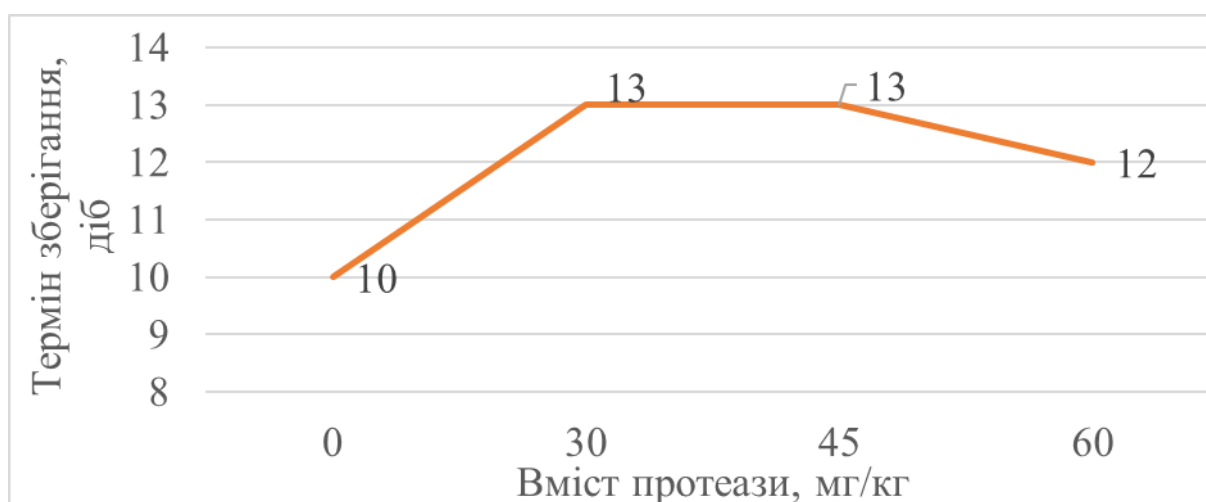


Рисунок 4.8 – Терміни зберігання розроблених напівфабрикатів

4.4.3. Опис удосконаленої технології виробництва м'ясомістких напівфабрикатів із застосуванням цільової ферментації

Традиційна технологія виробництва м'ясомістких напівфабрикатів включає в себе наступні операції

- 1) Накопичення, зачищення та контроль якості півтуш
- 2) Контроль якості та промивання круп, а також основної рослинної сировини (бобових, рослинних білків, гідролізатів рослинного білку)
- 3) Первинне подрібнення та посол м'ясної сировини. Передбачається внесення солі у частці 2,0-2,2 % від маси основної сировини. Подрібнюють сировину за допомогою машини для різання на шматки масою 0,2-0,3 кг.
- 4) Посол основної сировини протягом 24-48 год при температурі 3-6 °С.
- 5) Вторинне подрібнення сировини на вовчку з діаметром отворів решітки 2-3 мм (можливо задіювати більші діаметри в разі потреби створення певного «малюнку» та текстури продукту)
- 6) Змішування сировини у фаршемішалці протягом 5-12 хв, залежно від консистенції та рецептури продукту.
- 7) Формування напівфабрикатів за допомогою котлетного автомата у вигляді виробів масою 50-100 г.
- 8) Заморожування продукції протягом 8-12 год за температури камери - 18±2 °С.

Недоліком даної схеми є те, що при наступній термічній обробці, як і в умовах кулінарної обробки споживачем, так і в умовах обробки паро-водяною сумішшю або у фритюрі в умовах промислового виробництва, можливе порушення консистенції, нерівномірний прогрів та низькі органолептичні показники готового виробу.

Також до недоліків можна віднести низькі терміни зберігання готової продукції після термічної обробки, що є наслідком великої активності та послаблення міри зв'язування вологи з подовженням терміну зберігання. Окремо слід зазначити про необхідність більш ретельного контролю процесів термічної обробки у промислових умовах, що обумовлено високою

температурою, яка необхідна для завершення термічної обробки рослинної сировини.

Запропонована технологічна схема вирішує дані проблемні точки шляхом введення додаткових операцій у технологічний процес. Зокрема, передбачено застосування цільової ферментації шляхом обробки суміші рослинної та м'ясної сировини ферментним препаратом протеази *Aspergillus niger* із заданою активністю (150 U). Внесення препарату із такою активністю передбачає концентрацію 35 мг/кг оброблюваної сировини при тривалості ферментативної обробки, що суміщається із процесами посолу – 24-36 год. Також відмінністю даної технологічної схеми є можливість термічної обробки напівфабрикатів як із застосуванням паро-водяної суміші, так і з використанням високотемпературної обробки в середовищі рослинних олій (фритювання).

Розроблена удосконалена технологія дає можливість підвищити терміни зберігання, органолептичні та функціонально-технологічні характеристики продуктів до та після термічної обробки, створити продукт з більшою доданою вартістю (та меншою собівартістю), а також забезпечити мінімізацію втрат та репутаційних ризиків в ході реалізації продукції за рахунок повернень та змін у логістичних шляхах вироблених напівфабрикатів у ході їх потенційної реалізації.

Технологічна схема виробництва м'ясомістких січених напівфабрикатів за удосконаленою технологією включає в себе наступні операції

1) Контроль якості, накопичення та обвалювання м'ясної сировини. Для даного продукту використовується м'ясо курчат-бройлерів (зокрема стегна), тому сировину можна отримувати або у вигляді блоків, або у вигляді натуральних напівфабрикатів з подальшим обвалюванням.

2) Первинне подрібнення сировини проводиться на машинах для різання або вручну на шматки масою 0,1-0,15 кг.

3) Підготовка рослинної сировини полягає у гідратації нуту та сочевиці за умов співвідношення між видами сировини – 1:1 та частки води – 1:1,5, де 1 – це маса усієї рослинної сировини. Гідратацію проводять питною водою з

температурою не вище $20\pm 2^{\circ}\text{C}$. Після змішування з водою сировину витримують за температури $4-6^{\circ}\text{C}$ за умов товщини шару продукту не більше, ніж 50 см, протягом 2-3 год.

4) Після початку гідrataції рослинної сировини в неї вносять ферментний препарат протеази ASPN в концентрації 30-35 мг/кг препарату на кожен кг сировини (не враховуючи додану вологу при гідrataції) та перемішують протягом 3-5 хв на фаршемішалці.

5) Аналогічно проводять внесення ферментного препарату в м'ясну сировину.

6) Після витримання м'ясної та рослинної сировини за температури $4-6^{\circ}\text{C}$ протягом 24-36 год (залежно від бажаної консистенції продукту) від моменту внесення ферментного препарату, сировину направляють на вторинне подрібнення.

7) Для вторинного подрібнення сировину направляють у кутер, де також проводять внесення жирної сировини (шпику бокового свинячого) та додаткових інгредієнтів – клітковини пшеничної, спецій, крохмалю. Складання фаршу проводять протягом 4-5 хв, після чого вивантажують сировину та направляють на формування.

8) Готують розчини для панірування продукції – змішують крохмаль з водою, пшеничним борошном із твердих сортів пшениці, кукурудзяним борошном, карбоксиметилцелюлозою та іншими інгредієнтами.

9) Формують вироби на котлетному автоматі, після чого пошарово наносять панірування та направляють вироби на термічну обробку

10) Термічна обробка може проводитись з або без попереднього заморожування. При проведенні обробки використовують або паро-водяну суміш з температурою $76\pm 1^{\circ}\text{C}$ або фритювання. При використанні обробки паро-водяною сумішшю проводять термообробку протягом 35 хв (10 хв при 60°C та 25 хв при фінальній температурі) до досягнення температури в товщі продукту понад 72°C . При використанні фритюру проводять обробку заморожених напівфабрикатів за температури 160°C протягом 10 хв.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Встановлено можливість комбінування обробки протеазою ASPN з протеазою мангольда та трансглютаміназою. Застосування протеази мангольда дає можливість компенсувати низьку міру впливу досліджуваної протеази ASPN на зміну пластичності зразків із застосуванням яловичини в процесі ферментативної обробки протягом 48 годин.

2. Визначено характеристики продуктів із застосуванням протеази ASPN, м'яса курчат-бройлерів та рослинної сировини (нуту та сочевиці) після обсмажування у фритюрі. Оптимальною температурою обсмажування встановлено 190°C.

3. Ґрунтуючись на економічних розрахунках, можна стверджувати що розроблена технологія та рецептури напівфабрикатів дають можливість знизити собівартість продукції на 7,11 та 9,6 % відповідно.

4. Проведено моделювання аміно- та жирнокислотного складу напівфабрикатів м'ясо рослинних та досліджено амінокислотний склад продукту, внаслідок чого встановлено позитивний вплив обробки протеазою ASPN на біологічну цінність розроблених м'ясорослинних напівфабрикатів.

5. Досліджено мікробіологічні показники м'ясорослинних напівфабрикатів, внаслідок чого встановлено терміни зберігання продукції із використанням цільової ферментації, які є на 30% вищими, ніж терміни зберігання продукту-аналога без використання ферментативної обробки.

Результати, наведені у розділі, представлено у публікаціях [4-10, 13-16] в переліку публікацій здобувача (додаток А).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз літературних джерел та власні дослідження дозволили в якості основної сировини для виробництва м'ясомістких напівфабрикатів та модельних фаршів із застосуванням ферментативної обробки протеазою *Aspergillus niger* обрати м'ясо курчат-бройлерів, сочевицю та нут попередньо гідратовані у співвідношенні 1:1,5.

2. Встановлено оптимальні режими ферментативної обробки сировини (м'яса курчат-бройлерів, нуту та сочевиці). Оптимальним режимом обробки визнано внесення протеази ASPN в концентрації 35-45 мг/кг до маси основної сировини та ферментативна обробка протягом 48 год за температури 4-6°C. Також встановлено можливість комбінування досліджуваної протеази ASPN з протеазою мангольда для обробки продуктів, що містять в рецептурах яловичину.

3. Ферментативна обробка протеазою ASPN м'ясомістких продуктів, що містять у рецептурах м'ясо курчат-бройлерів, клітковину, нут та сочевицю гідратовані, дозволяє досягнути високих функціонально-технологічних показників сировини та готової продукції, включаючи умови високотемпературного термічного оброблення у рослинній олії при температурі 190 ± 2 °C.

4. Доведено можливість використання комбінованої ферментативної обробки протеазою ASPN разом із папаїном та протеазою мангольда. Створено математичну модель взаємодії даних видів ферментів у діапазоні рН фаршевої системи 5,5-7,0. Використання даної математичної моделі дозволяє визначати коефіцієнт ефективної взаємодії ферментних препаратів у заданому діапазоні рН, базуючись на даних щодо зміні пластичності у фаршевій системі на основі модельних зразків фаршів яловичини, створюючи таким чином передумови для розробки ефективних

технологій комбінованої ферментативної обробки із використанням препаратів папаїну, протеази мангольда та протеази *Aspergillus niger*, компенсуючи таким чином специфічність дії протеаз мікробіологічного походження щодо білків яловичини.

5. Проведено порівняння гравіметричних, із застосуванням зовнішніх сил та відцентрових методів визначення ВЗЗ сировини та готової продукції, внаслідок чого оптимальним визнано метод пресування. Використання методу пресування дозволяє визначати та прогнозувати функціонально-технологічні показники сировини та готових м'ясомістких січених напівфабрикатів із застосуванням цільової ферментативної обробки протеазою *Aspergillus niger*, володіючи мінімальною інформацією про попередню обробку сировини та готового продукту, створюючи переваги в порівнянні з іншими досліджуваними методами – методом скапування та центрифугування. Метод центрифугування може бути застосований для дослідження високопластичних продуктів, гелів та основної сировини на стадії завершення ферментативної обробки, проте даний метод має нижчу точність при дослідженні термічно оброблених продуктів, порівняно з методом пресування.

6. Проведено апробацію отриманих результатів на базі провідних підприємств м'ясопереробної галузі, розроблено нормативну документацію – зміни у ТУ У 15.1-19492247-021-2004.

7. Досліджено терміни зберігання м'ясомістких напівфабрикатів, внаслідок чого встановлено підвищення термінів зберігання розроблених січених напівфабрикатів на 30 % у порівнянні із контрольною рецептурою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sun, Q., Chen, F., Geng, F., Luo, Y., Gong, S., & Jiang, Z. (2018). A novel aspartic protease from *Rhizomucor miehei* expressed in *Pichia pastoris* and its application on meat tenderization and preparation of turtle peptides. *Food Chemistry*, 245, 570-577.
2. Padmapriya, M., & Williams, B. C. (2012). Purification and characterization of neutral protease enzyme from *Bacillus subtilis*. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 2(4), 612-618.
3. Ha, N. C., Hien, D. M., Lan, V. T. N., Tran, H. T. B., & Tu, N. T. C. (2018). Enzymatic hydrolysis of pangasius belly protein by-product using for *Bacillus subtilis* cultivation. *Can Tho University Journal of Science*, 54(Special issue: Agriculture), 1-7.
4. Singh, P. K., Shrivastava, N., & Ojha, B. K. (2019). Enzymes in the meat industry. In *Enzymes in Food Biotechnology* (pp. 111-128). Academic Press.
5. Ryder, K., Ha, M., Bekhit, A. E. D., & Carne, A. (2015). Characterisation of novel fungal and bacterial protease preparations and evaluation of their ability to hydrolyse meat myofibrillar and connective tissue proteins. *Food chemistry*, 172, 197-206.
6. Bekalu, Z. E., Madsen, C. K., Dionisio, G., & Brinch-Pedersen, H. (2017). *Aspergillus ficuum* phytase activity is inhibited by cereal grain components. *PloS one*, 12(5), e0176838.
7. da Silva, O. S., de Oliveira, R. L., Souza-Motta, C. M., Porto, A. L. F., & Porto, T. S. (2016). Novel protease from *Aspergillus tamarii* URM4634: production and characterization using inexpensive agroindustrial substrates by solid-state fermentation. *Advances in Enzyme Research*, 4(04), 125.
8. Souza, P. M. D., Bittencourt, M. L. D. A., Caprara, C. C., Freitas, M. D., Almeida, R. P. C. D., Silveira, D., ... & Magalhães, P. O. (2015). A biotechnology perspective of fungal proteases. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46(2), 337-346.
9. Шведюк, Д. А., & Пасічний, В. М. (2018). Використання цільової ферментації у технології м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання. *Вісник*

Національного технічного університету ХП. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, (16), 184-190.

10. Barzkar, N., Homaei, A., Hemmati, R., & Patel, S. (2018). Thermostable marine microbial proteases for industrial applications: scopes and risks. *Extremophiles*, 22(3), 335-346.

12. Zhang, B., Li, P., Zhang, H., Fan, L., Wang, H., Li, X., ... & Zhang, Q. (2016). Papain/Zn³(PO₄)₂ hybrid nanoflower: preparation, characterization and its enhanced catalytic activity as an immobilized enzyme. *RSC Advances*, 6(52), 46702-46710.

13. Ashie, I. N. A., Sorensen, T. L., & Nielsen, P. M. (2002). Effects of papain and a microbial enzyme on meat proteins and beef tenderness. *Journal of Food Science*, 67(6), 2138-2142.

14. 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), 1261780.

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

16. Momchilova, M., Gradinarska, D., Petrova, T., Zsivanovits, G., Bakalov, I., Penov, N., & Yordanov, D. (2019). Inulin and lentil flour as fat replacers in meat-vegetable pâté-a mixture design approach. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 11(3).

17. Argel, N. S., Ranalli, N., Califano, A. N., & Andrés, S. C. (2020). Influence of partial pork meat replacement by pulse flour on physicochemical and sensory characteristics of low-fat burgers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(10), 3932-3941.

18. Santos, C., Moniz, C., Roseiro, C., Tavares, M., Medeiros, V., Afonso, I., ... & Portugal, L. (2016). Effects of Early Post-Mortem Rate of pH fall and aging on Tenderness and Water Holding Capacity of Meat from Cull Dairy Holstein-Friesian Cows. *Journal of Food Research*, 5(2), 1-12.

19. Joo, S. T. (2018). Determination of water-holding capacity of porcine musculature based on released water method using optimal load. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(4), 823.
20. Santhi, D., Kalaikannan, A., & Sureshkumar, S. (2017). Factors influencing meat emulsion properties and product texture: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(10), 2021-2027.
21. Serdaroğlu, M., Öztürk, B., & Urgu, M. (2016). Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsions as beef fat replacers. *Meat science*, 117, 187-195.
22. Petracchi, M., Mudalal, S., Soglia, F., & Cavani, C. (2015). Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 71(2), 363-374.
23. Пасічний, В. М., Маринін, А. І., Мороз, О. О., & Гередчук, А. М. (2015). Development of combined protein-fat emulsions for sausage and semifinished products with poultry meat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6 (73)), 32-38.
24. Singh, B. (2017). Free and immobilized *Aspergillus oryzae* SBS50 producing protease-resistant and thermostable phytase. *3 Biotech*, 7(3), 1-8.
25. Zielbauer, B. I., Franz, J., Viezens, B., & Vilgis, T. A. (2016). Physical aspects of meat cooking: time dependent thermal protein denaturation and water loss. *Food biophysics*, 11(1), 34-42.
26. Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S., & Elst, K. (2016). Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits. *Critical reviews in biotechnology*, 36(4), 594-606.
27. Bhatia, L., Sharma, A., Bachheti, R. K., & Chandel, A. K. (2019). Lignocellulose derived functional oligosaccharides: production, properties, and health benefits. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 49(8), 744-758.
28. Chen, B. R., Du, L. J., He, H. Q., Kim, J. J., Zhao, Y., Zhang, Y. W. & Dai, N. (2017). Fructo-oligosaccharide intensifies visceral hypersensitivity and intestinal inflammation in a stress-induced irritable bowel syndrome mouse model. *World journal of gastroenterology*, 23(47), 8321.

29. Tuck, C. J., Taylor, K. M., Gibson, P. R., Barrett, J. S., & Muir, J. G. (2018). Increasing symptoms in irritable bowel symptoms with ingestion of galacto-oligosaccharides are mitigated by α -galactosidase treatment. *American Journal of Gastroenterology*, 113(1), 124-134.
30. Zhang, Y., Ma, Z. F., Zhang, H., Pan, B., Li, Y., Majid, H. A., & Lee, Y. Y. (2019). Low fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polypols diet and irritable bowel syndrome in Asia. *JGH Open*, 3(2), 173-178.
31. Huang, S., Liu, Y., Zhang, W., Dale, K. J., Liu, S., Zhu, J., & Serventi, L. (2018). Composition of legume soaking water and emulsifying properties in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 24(3), 232-241.
32. Camilleri, M., Oduyebo, I., & Halawi, H. (2016). Chemical and molecular factors in irritable bowel syndrome: current knowledge, challenges, and unanswered questions. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 311(5), G777-G784.
33. Pojić, M., Mišan, A., & Tiwari, B. (2018). Eco-innovative technologies for extraction of proteins for human consumption from renewable protein sources of plant origin. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 93-104.
34. Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden, J. M., Waterval, W. H., Bierau, J., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino acids*, 50(12), 1685-1695.
35. Verma, A. K., Banerjee, R., & Sharma, B. D. (2012). Quality of low fat chicken nuggets: effect of sodium chloride replacement and added chickpea (*Cicer arietinum* L.) hull flour. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(2), 291.
36. Hamza, T. A. (2017). Bacterial protease enzyme: Safe and good alternative for industrial and commercial use. *Int. J. Chem. Biomol. Sci*, 3(1), 1-10.
37. Baidamshina, D. R., Trizna, E. Y., Holyavka, M. G., Bogachev, M. I., Artyukhov, V. G., Akhatova, F. S., ... & Kayumov, A. R. (2017). Targeting microbial biofilms using Ficin, a nonspecific plant protease. *Scientific reports*, 7(1), 1-12.

38. Sun, Q., Chen, F., Geng, F., Luo, Y., Gong, S., & Jiang, Z. (2018). A novel aspartic protease from *Rhizomucor miehei* expressed in *Pichia pastoris* and its application on meat tenderization and preparation of turtle peptides. *Food Chemistry*, 245, 570-577.
39. Dhital, S., & Vangnai, K. (2019). Meat tenderisation effect of protease from mango peel crude extract. *International Food Research Journal*, 26(3), 991-998.
40. Maqsood, S., Manheem, K., Gani, A., & Abushelaibi, A. (2018). 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), 3427-3438.
41. Portman, D., Blanchard, C., Maharjan, P., Naiker, M., & Panozzo, J. F. (2019). Water-soluble carbohydrates during fermentation and baking of composite wheat and lentil flour—Implications for enhanced functionality. *Cereal Chemistry*, 96(3), 447-455.
42. Garcia-Mora, P., Peñas, E., Frías, J., Gomez, R., & Martinez-Villaluenga, C. (2015). High-pressure improves enzymatic proteolysis and the release of peptides with angiotensin I converting enzyme inhibitory and antioxidant activities from lentil proteins. *Food Chemistry*, 171, 224-232.
43. Aryee, A. N., & Boye, J. I. (2016). Improving the digestibility of lentil flours and protein isolate and characterization of their enzymatically prepared hydrolysates. *International journal of food properties*, 19(12), 2649-2665.
44. Ghumman, A., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Functionality and digestibility of albumins and globulins from lentil and horse gram and their effect on starch rheology. *Food Hydrocolloids*, 61, 843-850.
45. Nowak, J., & Kuligowski, M. (2017). Functional properties of traditional food products made by mold fermentation. *Fermented Foods, Part II: Technological Interventions*, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 25-55.
46. Bautista-Expósito, S., Peñas, E., Silván, J. M., Dueñas, M., Frías, J., & Martínez Villaluenga, C. (2017). Combination of fermentation and enzymatic hydrolysis

enhances the release of lentil bioactive compounds with potential protective effects against the metabolic syndrome.

47. Verni, M., Verardo, V., & Rizzello, C. G. (2019). How fermentation affects the antioxidant properties of cereals and legumes. *Foods*, 8(9), 362.

48. Çabuk, B., Nosworthy, M. G., Stone, A. K., Korber, D. R., Tanaka, T., House, J. D., & Nickerson, M. T. (2018). Effect of fermentation on the protein digestibility and levels of non-nutritive compounds of pea protein concentrate. *Food technology and biotechnology*, 56(2), 257-264.

49. Wang, S., Chelikani, V., & Serventi, L. (2018). Evaluation of chickpea as alternative to soy in plant-based beverages, fresh and fermented. *LWT*, 97, 570-572.

50. Bulbula, D. D., & Uрга, K. (2018). Study on the effect of traditional processing methods on nutritional composition and anti nutritional factors in chickpea (*Cicer arietinum*). *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1422370.

51. Chandra-Hioe, M. V., Wong, C. H., & Arcot, J. (2016). The potential use of fermented chickpea and faba bean flour as food ingredients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(1), 90-95.

52. Kung Jr, L., Windle, M. C., & Walker, N. (2014). The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. *Journal of dairy science*, 97(3), 1707-1712.

53. Asmare, H., & Admassu, S. (2013). Development and evaluation of dry fermented sausages processed from blends of chickpea flour and beef.

54. Мартинюк, І., & Паска, М. (2015). Білковий склад напівкопчених ковбас із конини з сочевицею. *Продовольча індустрія АПК*, (3), 6-10.

55. Паска, М. З., & Маркович, І. І. (2016). Використання борошна сочевиці при виробництві ковбасних виробів та технологія його отримання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології*, (18, № 1 (4)), 107-114.

56. Фурсік, О. П., Страшинський, І. М., & Пасічний, В. М. (2016). Визначення амінокислотного складу та мікробіологічних показників варених ковбас.

Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології, (18, № 2 (5)), 115-120.

57. Вернигора, О. О., Бойченко, М. С., Страшинський, І. М., & Пасічний, В. М. (2017). Використання бобів нуту в технології м'ясомістких консервів. Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції : Програма та тези матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції, 7-8 листопада 2017 р., 123.

58. Кочубей-Литвиненко, О., Пасічний, В. М., Яценко, О. В., & Кузьмик, У. Г. (2018). Перспективи використання ізоляту горохового протеїну у технології масляних паст. Наукові праці НУХТ, №6, 153-159.

59. Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.

60. Dahl, W. J., Foster, L. M., & Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S3-S10.

61. Страшинський, І. М., Пасічний, В. М., & Фурсік, О. П. (2016). Стабілізація показників фаршів варених ковбас з використанням білоквмісної композиції. Наукові праці НУХТ, Т. 22, № 1, 210-218.

62. Страшинський, І. М., Пасічний, В. М., & Фурсік, О. П. (2015). Функціонально-технологічні властивості м'ясних систем з використанням білоквмісної композиції. *Харчова промисловість*, 18, 56-61.

63. Orsi, W. D., Richards, T. A., & Francis, W. R. (2018). Predicted microbial secretomes and their target substrates in marine sediment. *Nature microbiology*, 3(1), 32-37.

64. Mochalina, P., Serba, E., Borscheva, Y., Pimenov, N., Overchenko, M., Sharikov, A., & Rimareva, L. (2020). Production of *Aspergillus oryzae* RCAM 01133 biomass with increased protein and polysaccharides content using by-products of food industry.

65. Liu, L., Gong, W., Sun, X., Chen, G., & Wang, L. (2018). Extracellular enzyme composition and functional characteristics of *Aspergillus niger* An-76 induced by food processing byproducts and based on integrated functional omics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(5), 1285-1295.
66. Zekeya, N., China, C., Mbwana, S., & Mtambo, M. (2019). Dehairing of animal hides and skins by alkaline proteases of *Aspergillus oryzae* for efficient processing to leather products in Tanzania. *African Journal of Biotechnology*, 18(20), 426-434.
67. Razzaq, A., Shamsi, S., Ali, A., Ali, Q., Sajjad, M., Malik, A., & Ashraf, M. (2019). Microbial proteases applications. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 7, 110.
68. Ramkumar, A., Sivakumar, N., & Victor, R. (2016). Fish waste-potential low cost substrate for bacterial protease production: A brief review. *The Open Biotechnology Journal*, 10(1).
69. Шведюк, Д. А., & Пасічний, В. М. (2018). Використання цільової ферментації у технології м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання. *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*, (16), 184-190.
70. Шведюк, Д. А., Пасічний, В. М., Мороз, О. О., & Геречук, А. М. (2018). Вплив протеази мікробіологічного походження на процес автолізу у м'ясі курчат-бройлерів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології*, (20, № 90), 32-35.
71. Шведюк, Д. А., & Пасічний, В. М. (2019). Вплив протеази мікробіологічного походження на функціонально-технологічні характеристики фаршів на основі різних видів м'ясної сировини. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (5 (1330)), 204-209.
72. Moon, S. S. (2018). Effect of Proteolytic Enzymes and Ginger Extract on Tenderization of *M. pectoralis profundus* from Holstein Steer. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(1), 143.

73. Barekat, S., & Soltanizadeh, N. (2017). Improvement of meat tenderness by simultaneous application of high-intensity ultrasonic radiation and papain treatment. *Innovative food science & emerging technologies*, 39, 223-229.
74. Madhusankha, G. D. M. P., & Thilakarathna, R. C. N. (2020). Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 102967.
75. Juraj, Č., Cviková, P., Peter, H., Miroslava, K., Simona, K., Lukáš, H., ... & Jana, T. (2020). The proteins degradation in dry cured meat and methods of analysis: a review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2020, 209-220.
76. Jafarpour, A., Gomes, R. M., Gregersen, S., Sloth, J. J., Jacobsen, C., & Sørensen, A. D. M. (2020). Characterization of cod (*Gadus morhua*) frame composition and its valorization by enzymatic hydrolysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 89, 103469.
77. Garmash, D., & Pasichnyi, V. (2017). Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meat-based products technology. *Ukrainian journal of food science*, (5, Iss. 2), 231-238.
78. Wubshet, S. G., Wold, J. P., Afseth, N. K., Böcker, U., Lindberg, D., Ihunegbo, F. N., & Måge, I. (2018). Feed-forward prediction of product qualities in enzymatic protein hydrolysis of poultry by-products: A spectroscopic approach. *Food and Bioprocess Technology*, 11(11), 2032-2043.
79. Cruz, P. L., Panno, P. H. C., Giannotti, J. D. G., de Carvalho, R. V., & Roberto, C. D. (2020). Effect of proteases from ginger rhizome on the fragmentation of myofibrils and tenderness of chicken breast. *LWT*, 120, 108921.
80. Ahmad, M. N., Shuhaimen, M. S., Normaya, E., Omar, M. N., Iqbal, A., & Ku Bulat, K. H. (2020). The applicability of using a protease extracted from cashew fruits (*Anacardium occidentale*), as possible meat tenderizer: An experimental design approach. *Journal of texture studies*, 51(5), 810-829.
81. Panda, O. P., Nanda, S. S., Yi, D. K., Pal, D., & Mukherjee, S. (2021). Protein and Enzymes Isolated from Plant Sources and Their Utilization in Pharmaceutical

Field. In *Bioactive Natural Products for Pharmaceutical Applications* (pp. 793-818). Springer, Cham.

82. Grau, R., Verdú, S., Pérez, A. J., Barat, J. M., & Talens, P. (2021). Laser-backscattering imaging for characterizing pork loin tenderness. Effect of pre-treatment with enzyme and cooking. *Journal of Food Engineering*, 110508.

83. Wang, S., Lin, C., Liu, Y., Shen, Z., Jeyaseelan, J., & Qin, W. (2016). Characterization of a starch-hydrolyzing α -amylase produced by *Aspergillus niger* WLB42 mutated by ethyl methanesulfonate treatment. *International journal of biochemistry and molecular biology*, 7(1), 1.

84. Li, Q., Al Loman, A., Coffman, A. M., & Ju, L. K. (2017). Soybean hull induced production of carbohydrases and protease among *Aspergillus* and their effectiveness in soy flour carbohydrate and protein separation. *Journal of biotechnology*, 248, 35-42.

85. López, D. N., Galante, M., Ruggieri, G., Piaruchi, J., Dib, M. E., Duran, N. M., ... & Spelzini, D. (2018). Peptidase from *Aspergillus niger* NRRL 3: Optimization of its production by solid-state fermentation, purification and characterization. *LWT*, 98, 485-491.

86. Adak, A., Singh, S., Lavanya, A. K., Sharma, A., & Nain, L. (2018). Sustainable production of biofuels from weedy biomass and other unconventional lignocellulose wastes. In *Sustainable Biotechnology-Enzymatic Resources of Renewable Energy* (pp. 83-116). Springer, Cham.

87. Al Loman, A., Islam, S. M., Li, Q., & Ju, L. K. (2016). Soybean bio-refinery platform: enzymatic process for production of soy protein concentrate, soy protein isolate and fermentable sugar syrup. *Bioprocess and biosystems engineering*, 39(10), 1501-1514.

88. Al Loman, A., & Ju, L. K. (2016). Towards complete hydrolysis of soy flour carbohydrates by enzyme mixtures for protein enrichment: a modeling approach. *Enzyme and microbial technology*, 86, 25-33.

89. Bergeron, N., Chiu, S., Williams, P. T., M King, S., & Krauss, R. M. (2019). Effects of red meat, white meat, and nonmeat protein sources on atherogenic

lipoprotein measures in the context of low compared with high saturated fat intake: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 110(1), 24-33.

90. Oshoma, C. E., Eguakun-Owie, S. O., & Obuekwe, I. S. (2019). Utilization of Banana Peel as a Substrate for Single Cell Protein and Amylase Production by *Aspergillus niger*. *African Scientist*, 18(3), 143-150.

91. Warner, R. D. (2017). The eating quality of meat—IV Water-holding capacity and juiciness. In *Lawrie's Meat Science* (pp. 419-459). Woodhead Publishing.

92. Saleem, M., Kaleri, R. R., Kumar, D., Mangi, R. A., Kumar, L., Ahmed, K., ... & Jakhro, M. A. (2017). Comparative Study on Water Holding Capacity (WHC) of Broiler and Layer Meat. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 13, 100-103.

93. Joo, S. T. (2018). Determination of water-holding capacity of porcine musculature based on released water method using optimal load. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(4), 823.

94. Sionek, B., & Przybylski, W. (2016). 3. The Impact of Ante-and Post-Mortem Factors on the Incidence of Pork Defective Meat—A Review. *Annals of Animal Science*, 16(2), 333-345.

95. Yang, Y., Wang, W., Zhuang, H., Yoon, S. C., & Jiang, H. (2018). Fusion of spectra and texture data of hyperspectral imaging for the prediction of the water-holding capacity of fresh chicken breast filets. *Applied Sciences*, 8(4), 640.

96. Zhu, H., O'Farrell, M., Bouquet, G., Lunde, K., Egelandsdal, B., Alvseike, O., & Hansen, E. W. (2016). Evaluating nuclear magnetic resonance (NMR) as a robust reference method for online spectroscopic measurement of water holding capacity (WHC). *Journal of Food Engineering*, 175, 51-57.

97. Pasichnyi, V., Ukrainets, A., Chebanenko, K., & Kamlay, I. (2020). The use of the β -cyclodextrin with iodine in technology of making meatballs and their functional characteristics. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 22(93), 45-49.

98. Kim, H. W., Cramer, T., Ogbeifun, O. O., Seo, J. K., Yan, F., Cheng, H. W., & Kim, Y. H. B. (2017). Breast meat quality and protein functionality of broilers with

different probiotic levels and cyclic heat challenge exposure. *Meat and Muscle Biology*, 1(1).

99. Мацук, Ю. А., Марченко, І. М., & Пасічний, В. М. (2018). Дослідження функціонально-технологічних властивостей м'ясних січених напівфабрикатів з використанням рибної сировини. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького*. Серія: Харчові технології, (20, № 90), 22-26.

100. Ripoll, G., Lobón, S., & Joy, M. (2018). Use of visible and near infrared reflectance spectra to predict lipid peroxidation of light lamb meat and discriminate dam's feeding systems. *Meat science*, 143, 24-29.

101. Kim, H. C., Ko, Y. J., Kim, M., Choe, J., Yong, H. I., & Jo, C. (2019). Optimization of 1D ¹H Quantitative NMR (Nuclear Magnetic Resonance) Conditions for Polar Metabolites in Meat. *Food science of animal resources*, 39(1), 1.

102. Suravajhala, P., Kogelman, L. J., & Kadarmideen, H. N. (2016). Multi-omic data integration and analysis using systems genomics approaches: methods and applications in animal production, health and welfare. *Genetics Selection Evolution*, 48(1), 1-14.

103. Cauchie, E., Korsak Koulagenko, N., Leenders, J., Baré, G., Tahiri, A., Delhalle, L., ... & Daube, G. (2018). A NMR-based metabolomics approach for reducing food losses: the example of minced pork meat. In *Proceedings of the First international Conference on " Innovative Food Ingredients and Food safety"* (pp. 89-99). Asian Institute of Technology.

104. Ahhmed, A., Özcan, C., Karaman, S., Öztürk, İ., Çam, M., Fayemi, P. O., ... & Yetim, H. (2017). Utilization of fermented soybeans paste as flavoring lamination for Turkish dry-cured meat. *Meat science*, 127, 35-44.

105. Feng, Y. H., Zhang, S. S., Sun, B. Z., Xie, P., Wen, K. X., & Xu, C. C. (2020). Changes in Physical Meat Traits, Protein Solubility, and the Microstructure of Different Beef Muscles during Post-Mortem Aging. *Foods*, 9(6), 806.

106. Гречко, В. В., Страшинський, І. М., & Пасічний, В. М. (2019). Використання гелів з нетрадиційної сировини для виробництва м'ясних

напівфабрикатів. Наукові праці Національного університету харчових технологій, (25,№ 5), 108-116.

108. Пасічний, В. М., & Полумбрик, М. М. (2016). Внесення колагенвмісних сумішей в фаршеві системи. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології, (18,№ 2), 150-153.

109. Українець, А. І., Пасічний, В. М., Желуденко, Ю. В., & Полумбрик, М. М. (2016). Вплив білоквмісних композицій на основі колагену на якість ковбасних виробів. Харчова наука і технологія, (10,№ 3), 50-55.

110. Bagheri Kakash, S., Hojjatoleslamy, M., Babaei, G., & Molavi, H. (2019). Kinetic study of the effect of kiwi fruit actinidin on various proteins of chicken meat. Food Science and Technology, 39(4), 980-992.

111. Inguglia, E. S., Zhang, Z., Burgess, C., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K. (2018). Influence of extrinsic operational parameters on salt diffusion during ultrasound assisted meat curing. Ultrasonics, 83, 164-170.

112. Фурсік, О. П., & Страшинський, І. М. (2017). Гідроліз білків варених ковбас пепсином в системі «in vitro». Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 5–6 квітня 2017 р. Ч. 1, 331.

113. Хорунжа, Т. О., & Пасічний, В. М. (2020). Реологічні характеристики ковбасних фаршів з додаванням сухої молочної сироватки. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 86-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 2–3 квітня 2020 р. Ч. 1, 258.

114. Тішкіна, Н. М., & Бондар А.В. (2017). Оцінка якості курячих напівфабрикатів різних товаровиробників. Науково-технічний бюлетень Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК, 5(№ 2), 73-76.

115. Benoit-Gelber, I., Gruntjes, T., Vinck, A., Van Veluw, J. G., Wösten, H. A., Boeren, S., ... & De Vries, R. P. (2017). Mixed colonies of *Aspergillus niger* and

- Aspergillus oryzae* cooperatively degrading wheat bran. *Fungal Genetics and Biology*, 102, 31-37.
116. Vakilchah, F., Mousavi, S. M., & Shojaosadati, S. A. (2016). Role of *Aspergillus niger* in recovery enhancement of valuable metals from produced red mud in Bayer process. *Bioresource technology*, 218, 991-998.
117. Yazawa, H., Tokuoka, M., Kozato, H., Mori, Y., Umeo, M., Toyoura, R. & Iwashita, K. (2019). Investigation of relationship between sake-making parameters and sake metabolites using a newly developed sake metabolome analysis method. *Journal of bioscience and bioengineering*, 128(2), 183-190.
118. Ryder, K., Bekhit, A. E. D., McConnell, M., & Carne, A. (2016). Towards generation of bioactive peptides from meat industry waste proteins: Generation of peptides using commercial microbial proteases. *Food chemistry*, 208, 42-50.
119. Sharma, K. M., Kumar, R., Panwar, S., & Kumar, A. (2017). Microbial alkaline proteases: Optimization of production parameters and their properties. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 15(1), 115-126.
120. Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. D. A. (2018). Applied and emerging methods for meat tenderization: A comparative perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 841-859.
121. Yuliarti, O., Kovis, T. J. K., & Yi, N. J. (2021). Structuring the meat analogue by using plant-based derived composites. *Journal of Food Engineering*, 288, 110138.
122. Bagheri Kakash, S., Hojjatoleslami, M., Babaei, G., & Molavi, H. (2019). Kinetic study of the effect of kiwi fruit actinidin on various proteins of chicken meat. *Food Science and Technology*, 39(4), 980-992.
123. Ahmad, M. N., Hilmi, N. H. N., Normaya, E., Yarmo, M. A., & Bulat, K. H. K. (2020). Optimization of a protease extraction using a statistical approach for the production of an alternative meat tenderizer from *Manihot esculenta* roots. *Journal of food science and technology*, 57(8), 2852-2862.
124. Keşka, P., Stadnik, J., Bąk, O., & Borowski, P. (2019). Meat Proteins as Dipeptidyl Peptidase IV Inhibitors and Glucose Uptake Stimulating Peptides for the Management of a Type 2 Diabetes Mellitus In Silico Study. *Nutrients*, 11(10), 2537.

125. Боровков, М. Ф., Фролов, В. П., & Серко, С. А. (2008). Боровков. МФ Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Ветеринария»-2-е изд.. стер.
126. Бірта, Г. О., & Бургу, Ю. Г. (2011). Товарознавство м'яса. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури.
127. Кирилюк, Д. О. (2014). Аналіз сучасного стану ринку продукції птахівництва в Україні. Економіка АПК, (2), 116-119.
128. Беженар, І. М., & Васюта, Т. М. (2015). Стан та перспективи розвитку птахівництва в Україні. Агросвіт, (18), 41-51.
129. Юршин, В. А. Продуктивність та особливості метаболічних процесів у несучих курей залежно від джерела протеїну і жиру в раціоні (Дисертація на здобуття ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.02. 02 «Годівля тварин і технологія кормів»/ВА Юршин.– Львів, 2002.– 20 с).
130. Клименко, М. М., Віннікова, Л. Г., Береза, І. Г., Гончаров, Г. І., Пасічний, В. М., Баль-Прилипко, Л. В. & Ткаченко, К. Д. (2006). Технологія м'яса та м'ясних продуктів: підручник.
131. Ianni, A., Grotta, L., & Martino, G. (2019). Feeding influences the oxidative stability of poultry meat treated with ozone. Asian-Australasian journal of animal sciences, 32(6), 874.
132. Barroeta, A. C. (2007). Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. World's poultry science journal, 63(2), 277-284.
133. Шведюк, Д. А., Пасічний, В. М., Мороз, О. О., & Гередчук, А. М. (2018). Вплив протеази мікробіологічного походження на процес автолізу у м'ясі курчат-бройлерів. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології, (20, № 90), 32-35.
134. Шведюк, Д. А., Пасічний, В. М., Радзієвська, І. Г., & Мацук, Ю. А. (2017). Амінокислотний склад та біологічна цінність м'ясних напівфабрикатів з використанням рослинної сировини та білково-жирових емульсій. Науковий

вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології, (19, № 80), 111-114.

135. Шведюк, Д. А., Пасічний, В. М., & Прохоренко, Ж. І. (2016). Дослідження фізико-хімічних властивостей напівфабрикатів м'ясних з додаванням білково-жирових емульсій на основі купажованих жирів. Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях, № 42 (1214), 223-227.

136. Hurst, C. J. (2019). Dirt and disease: the ecology of soil fungi and plant fungi that are infectious for vertebrates. In *Understanding terrestrial microbial communities* (pp. 289-405). Springer, Cham.

137. Шведюк, Д. А., & Пасічний, В. М. (2018). Використання цільової ферментації у технології м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання. Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, (16), 184-190.

138. Zhu, X., Kaur, L., & Boland, M. (2018). Thermal inactivation of actinidin as affected by meat matrix. *Meat science*, 145, 238-244.

139. Шведюк, Д. А., Пасічний, В. М., & Радзієвська, І. Г. (2017). Вплив модифікованих жирів на показники біологічної ефективності напівфабрикатів з м'яса птиці. *Аграрна наука та харчові технології*, № 3 (97), 249-257.

140. Пасічний, В. М., Гередчук, А. М., Олійник, Н. В., & Положишникова, О. І. (2018). Розробка технологій білково-жирових емульсій для кулінарних напівфабрикатів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки*, (1), 25-31.

141. dos Santos, M., Ozaki, M. M., Ribeiro, W. O., de Souza Paglarini, C., Vidal, V. A. S., Campagnol, P. C. B., & Pollonio, M. A. R. (2020). Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions: An adding value strategy to byproducts. *Lwt*, 120, 108895.

142. Zhou, T., Zhao, Y., Wu, X., Wang, W., & Liu, A. (2018). Production of squid emulsion sausages using pork skin and coconut powder mixture as fat replacers. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(3), 747-754.

143. Ren, C., Xiong, W., Peng, D., He, Y., Zhou, P., Li, J., & Li, B. (2018). Effects of thermal sterilization on soy protein isolate/polyphenol complexes: Aspects of structure, in vitro digestibility and antioxidant activity. *Food research international*, 112, 284-290.
144. Pietsch, V. L., Emin, M. A., & Schuchmann, H. P. (2017). Process conditions influencing wheat gluten polymerization during high moisture extrusion of meat analog products. *Journal of Food Engineering*, 198, 28-35.
145. Jones, O. G. (2016). Recent advances in the functionality of non-animal-sourced proteins contributing to their use in meat analogs. *Current Opinion in Food Science*, 7, 7-13.
146. Dybowska, B. E., & Krupa-Kozak, U. (2020). Stability of oil-in-water emulsions as influenced by thermal treatment of whey protein dispersions or emulsions. *International Journal of Dairy Technology*, 73(3), 513-520.
147. Tamilmani, P., & Pandey, M. C. (2016). Thermal analysis of meat and meat products. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 123(3), 1899-1917.
148. Шведюк, Д. А., Пасічний, В. М., & Радзієвська, І. Г. (2017). Моделювання жирнокислотного складу січених напівфабрикатів з м'яса птиці з використанням модифікованих жирів. *Вісник Національного технічного університету Харківський політехнічний інститут. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*, (7), 225-232.
149. Summo, C., De Angelis, D., Ricciardi, L., Caponio, F., Lotti, C., Pavan, S., & Pasqualone, A. (2019). Data on the chemical composition, bioactive compounds, fatty acid composition, physico-chemical and functional properties of a global chickpea collection. *Data in brief*, 27, 104612.
150. Kaya, M., Kan, A., Yilmaz, A., Karaman, R., & Sener, A. (2018). The fatty acid and mineral compositions of different chickpea cultivars cultivated. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(2), 1240-1247.
151. Kaur, R., & Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*)-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, p. 448-463

Список публікацій здобувача за темою дисертаційної роботи

Публікації у фахових виданнях України та інших держав

1. Ukrainets A., Pasichnyi V., Matsuk Y., Shvediuk D., Al-Hashymi. Determination of the Optimal Sterilization Regime of Canned Quail Meat with Hydrocolloids Application. Н. EUREKA: Life Sciences – 2017. – №4 – С. 21-25
2. А.І.Українець, В.М.Пасічний, Д.А.Шведюк, Ю.А.Мацук. Дослідження здатності до протеолізу м'ясних січених напівфабрикатів функціонального призначення. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького – 2017. – Том 19 №5 (75). – С. 129-133
3. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний, І. Г. Радзієвська. Вплив модифікованих жирів на показники біологічної ефективності напівфабрикатів з м'яса птиці. Аграрна наука та харчові технології. – 2017. – № 3 (97). – С. 249-257.
4. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний. Використання цільової ферментації у технології м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання / Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 16 (1292). – С. 184-190.
5. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний. Вплив протеази мікробіологічного походження на функціонально-технологічні характеристики фаршів на основі різних видів м'ясної сировини. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – № 5 (1330). – С. 204-209.
6. Д.А. Шведюк, В.М. Пасічний, О.О. Мороз, А. М. Геречук. Вплив протеази мікробіологічного походження на процес автолізу у м'ясі курчат-бройлерів. Науковий Вісник Львівського національного університету

ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. – 2018. – Т. 20 (№ 90). – С. 32-35.

7. Д. А. Шведюк, В. М. Пасічний. Вплив термічної обробки на характеристики січених м'ясо-рослинних напівфабрикатів з використанням ферментації. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 2. – С. 138-144

8. В.М. Пасічний, А.І. Українець, Д.А. Шведюк, А.І. Маринін. Використання протеаз мікробіологічного походження в технології м'ясомістких продуктів. Повноцінне харчування: тренди енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія / за ред. проф. В. В. Євлаш, проф. В. О. Потапова, проф. Н. Л. Савицької, доц. Л. Ф. Товма. – Х. : НАНГУ, 2020. – с.140 -207.

9. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Optimization of meat-containing semi-finished products formulations with the microbiological derived proteases application Chemical technologies & Biotechnologies and food technologies: Proceedings. - Volyme 58,. - Ruse, 2019.

10. V.M. Pasichnyi, A.I. Ukrainets, D.A. Shvediuk, Haider Muhamed Al-Hashimi, Y.A. Matsuk. Optimization of the canned poultry meat sterilization formula with hydrocolloids. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, 11 (88), p. 29-34.

Тези доповідей та матеріали конференцій

11. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Optimization of semi-finished products fermentative treatment with the use of microbial protease. Восьма міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ, 2019, с. 336-338.

12. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi. Investigation of the enzymatic treatment effect on the functional characteristics of meat-containing semi-finished products after heat treatment. Current trends in the development of science and practice, Abstracts of XXI th International Scientific and Practical Conference. Haifa, Israel, 2020, p. 69-71.

13. D.A. Shvediuk, V.M. Pasichnyi, O.O. Moroz, A.M. Heredchuk. Вплив протеаз мікробіологічного походження на процеси автолізу в м'ясі курчат-бройлерів. Восьма міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ, 2018, с. 212-213.

14. Shvediuk D.A., Pasichnyi V.M. Optimization of meat-containing semi-finished products formulations with the microbiological derived proteases application. Booklet of the 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019, p. 424.

15. Д.А. Шведюк, В.М. Пасічний, А.М. Гередчук. Протеази мікробіологічного походження - перспективні регулятори автолізу м'ясної сировини. Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі: Програма та тези матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 24 листопада 2020, с. 143.

16. В.М. Пасічний, Д.А. Шведюк, Б.А. Кохан. Вплив протеази мікробіологічного походження на функціонально-технологічні характеристики м'ясної сировини при термічній обробці. Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 2–3 квітня 2020, с. 274.

Додаток Б



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ТОВ «Верест»

Страхоцінський В.В.

28.11.2020 р.

АКТ

Дегустаційної комісії

Ми, що нижче підписались, головний технолог ТОВ «Верест» Мельник Н.В., завідуючий виробництвом Кушнір О.В., професор Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., аспірант Національного університету харчових технологій Шведюк Д.А., склали даний акт про те, що 27.11.2020 проведена органолептична оцінка зразків м'ясопродуктів з проведенням первинної термічної обробки (обсмажування), що були виготовлені 25.10.2020 р.

Висновки дегустаційної комісії

| № | Найменування продукту | Зовнішній вигляд | Консистенція | Вигляд на розрізі | Запах | Смак | Загальна оцінка |
|---|--|------------------|--------------|-------------------|-------|------|-----------------|
| 1 | Котлети «Бургер» м'ясомісткі з нутом | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,0 |
| 2 | Котлети «Бургер» м'ясомісткі з сочевицею | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4,6 |
| 3 | Котлети м'ясомісткі з сочевицею | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,8 |

Від НУХТ

д.т.н., професор НУХТ

_____ Пасічний В.М.

Аспірант НУХТ

Ш Шведюк Д.А.

Від ТОВ «Верест»

Головний технолог

М Мельник Н.В.

Завідуючий виробництвом

К Кушнір О.В.

Додаток В



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ТОВ «Верест»

Страхоцінський В.В.

25.10.2020 р.

АКТ

Виробництва промислово-дослідної партії продукції

Ми, що нижче підписались, головний технолог ТОВ «Верест» Мельник Н.В., завідуючий виробництвом Кушнір О.В., професор Національного університету харчових технологій Пасічний В.М., аспірант Національного університету харчових технологій Шведюк Д.А., склали даний Акт про вироблені наступні партії продукції у кількості 12 кг кожного виду продукції «Котлети Бургер м'ясомісткі з нутом», котлети Бургер м'ясомісткі з сочевицею та котлети м'ясомісткі з сочевицею.

Дана продукція була виготовлена згідно запропонованих аспірантом Шведюк Д.А. рецептур та відправлена на валідацію для перевірки контролю термінів її зберігання з подальшими дослідженнями після зберігання в замороженому стані за температури від -22 до -18 °С

Від НУХТ

д.т.н., професор НУХТ

_____ Пасічний В.М.

Аспірант НУХТ

Шведюк Д.А.

Від ТОВ «Верест»

Головний технолог

Мельник Н.В.

Завідуючий виробництвом

Кушнір О.В.

Додаток Г

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 Д

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Забіяка»

Федюков С.О.



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.

Додаток Е

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Забіяка»
Федюков С.О.
« 22 » 10 2020 р.

АКТ

Дегустаційної комісії

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 те, що «22» 10 2020 року проведена органолептична оцінка зразків м'ясопродуктів з проведенням повторної термічної обробки (нагрів, обсмаження), що були виготовлені 21.10.2020 р.

Висновки дегустаційної комісії

| № | Найменування продукту | Зовнішній вигляд | Консистенція | Вигляд на зрізі | Запах | Смак | Загальна оцінка* |
|---|-----------------------|------------------|--------------|-----------------|-------|------|------------------|
| 1 | Реберця медові | 5 | 5 | — | 5 | 5 | 5 |
| 2 | Лопатка Тосканська | 5 | 5 | | 5 | 5 | 5 |
| 3 | Рулька пікантна | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

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

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.