

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ОНИЩЕНКО АРТЕМ В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 637.5'62:637.663

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК
ІЗ ЯЛОВИЧОЇ СИРОВИНИ ТА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ
З ЇХ ВИКОРИСТАННЯМ**

Спеціальність 181 «Харчові технології»
Галузь знань 18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття наукового
ступеня доктора філософії

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

А.В. Онищенко



Науковий керівник:
Янчева Марина Олександрівна,
доктор технічних наук, професор

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Онищенко А.В. Удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини та м'ясних продуктів з їх використанням. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології». – Державний біотехнологічний університет Міністерства освіти і науки України, м. Харків, 2026.

Мета дослідження – наукове обґрунтування удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини фізичним та хімічним зшиванням та м'ясних продуктів з їх використанням. Об'єкт дослідження – технології склеєних кишкових плівок із яловичої сировини з використанням методів фізичного і хімічного зшивання та м'ясних продуктів з їх застосуванням. Предмет дослідження – залишки некондиційної яловичої кишкової сировини, отримані під час виготовлення та використання у ковбасному виробництві фабрикатів яловичих черев, серозні плівки (отримувані в результаті технологічної обробки свинячих кишок), склеєні кишкові плівки (листові та рукавні – ковбасні оболонки), танін, харчові кислоти (оцтова, лимонна, молочна), функціонально-технологічні властивості кишкових плівок та ковбасних оболонок; смажені м'ясні продукти; кількісні та якісні показники технології смажених м'ясних продуктів.

На підставі результатів теоретичного аналізу науково-практичної літератури обґрунтовано актуальність досліджень з удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини із використанням фізичних та хімічних методів зшивання, а також розробки пропозицій з конструкційних рішень відповідних пристроїв для реалізації інноваційних технологій. Показано, що розробка та запровадження означених технологічних рішень дозволить зберегти ресурс натуральних оболонок, що відповідає сучасним світовим принципам ресурсозбереження та ощадливого виробництва, а також покращити функціонально-технологічні властивості склеєних кишкових плівок із яловичої

сировини.

Наукова новизна одержаних результатів. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано ресурсозберігаючі технології склеєних кишкових плівок та оболонок із яловичої сировини, які полягають у створенні додаткових локальних зміцнювальних швів у когезійній площині із використанням методів фізичного і хімічного зшивання, що забезпечує формування функціонально-технологічних властивостей, підвищує міцність плівок та сприяє ефективному використанню вторинної м'ясної сировини, а саме:

вперше:

- встановлено закономірності змін розривного навантаження додатково зміцненого когезійного шва склеєних кишкових плівок із яловичих черев залежно від температури та тривалості теплової коагуляції;

- встановлено закономірності впливу обробки органічними кислотами (молочною, лимонною та оцтовою) на водопоглинальну здатність та стан колагеново-еластинової структури кишкових плівок із фабрикатів яловичих черев, що обґрунтовує параметри їх розпушення і доступності та забезпечує підвищення ефективності дублення;

- встановлено закономірності змін розривного навантаження шва склеєних кишкових плівок із яловичих черев під впливом комплексної дії передгідролізної обробки молочною кислотою, притискання, формування опукло-випуклих ребер жорсткості та дублення залежно від концентрації розчину таніну і тривалості дублення;

- встановлено закономірності змін розривного навантаження шва склеєних кишкових плівок із яловичих черев залежно від комплексного використання адгезивного спорідненого конструкту, що являє собою серозну свинячу плівку, та дублення, прискореного електрофорезом;

- встановлено закономірності формування гігроскопічних та пружно-пластичних властивостей плівок із яловичої кишкової сировини в процесі сушіння залежно від температурних режимів, що забезпечує формування

функціонально-технологічних властивостей харчової плівки багатофункціонального призначення;

– обґрунтовано технологічні режими виробництва склеєних кишкових плівок і оболонок із яловичих черев, додатково зміцнених фізичним та хімічним зшиванням, що забезпечують достатню міцність для їх використання у виробництві м'ясних продуктів;

набули подальшого розвитку та узагальнення:

– методологія оцінювання захисних властивостей натуральних ковбасних оболонок;

– уявлення про вплив способів хімічного і фізичного зшивання на органолептичні, фізичні, механічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок та оболонок із яловичих черев;

– дані про технологічні та якісні характеристики смажених м'ясних продуктів із використанням склеєних кишкових плівок із яловичої сировини.

Розроблено спосіб додаткового зшивання тепловою коагуляцією кишкових плівок з яловичих черев та універсальний апарат для його реалізації, що забезпечує можливість зшивання і сушіння сировини, різної за геометричними розмірами, товщиною та видовою належністю. Готовою продукцією при цьому є універсальна стрічка (напівфабрикат) – склеєна кишкова плівка багатофункціонального призначення, із якої є можливість отримувати ковбасні оболонки потрібного розміру та форми.

На підставі результатів досліджень розривного навантаження шва визначені раціональні діапазони тривалості зшивання: для 150°C – 15–16 с; для 160°C – 14–15 с; для 170°C – 14–15 с; для 180°C – 12–13 с. Визначено, що значення розривного навантаження шва для діапазону відстані між точками, які його створюють, від 5 мм до 20 мм відповідно лежать у діапазоні від 17,5 Н/м до 15,0 Н/м, що задовольняє технологічні вимоги до міцності шва склеєних кишкових ковбасних оболонок. З метою енерго- та ресурсоефективності реалізації доведено необхідність сортування сировини на 3 сорти.

Встановлено, що зміни водопоглинання фабрикатів яловичих черев під впливом обробки харчовими кислотами пов'язані з передгідролізними перетвореннями у їх колагеново-еластиновій структурі. Обробка водними розчинами молочної, лимонної та оцтової кислот ($C\% = 1,0\text{--}5,0\%$) дозволяє збільшити водопоглинання фабрикатів яловичих черев у 1,23–2,45 рази (від 23,2% для розчину оцтової кислота за $C\% = 1,0\%$, до 144,5% – молочної за $C\% = 5,0\%$). Ефективне підвищення водопоглинання характерне здебільшого у діапазоні рН 2,05–2,63. Висока активність нарощування значень водопоглинання характерна для перших 4 год. експозиції. Зміни концентрації кислотних розчинів відчутніше впливають на збільшення водопоглинання в інтервалі 1,0–3,0 %. Це є передумовою обґрунтування параметрів фізико-хімічної дії розпущення та доступності колагену для дублення.

Розроблено спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок із яловичої кишкової сировини із використанням локальної підготовчої (передгідролізної) кислотної обробки, притискання та локального дублення.

Встановлено раціональну тривалість локального дублення (10,0 год. за концентрації таніну у дубильному розчині 1,3% та 5,0–5,5 год. за концентрації 2,0%), що свідчить про скорочення тривалості дублення більше ніж у 2 рази завдяки обробці 2,0% водним розчином молочної кислоти.

Завдяки технічній реалізації притискання (під тиском у перфорованому циліндрі) відбувається формування опукло-випуклих ребер жорсткості.

Розроблено спосіб виготовлення склеєних ковбасних оболонок із яловичих черев із використанням адгезивного спорідненого конструкту (серозної свинячої плівки) та електрофорезу під час дублення. Визначено раціональні параметри електрофорезу, що застосовується для прискорення процесу дублення: за різниці потенціалів 100 В тривалість експозиції місця склеювання для яловичих черев складає 20 хв.

Встановлено, що плівку багатфункціонального призначення, сушіння якої проводили за температури 40°C, 50°C та 60°C, можна зберігати без втрати якості у паропроникному упакованні за відносної вологості не більше 70%.

Зберігання багатофункціональної плівки, сушіння якої проводили за температури 70°C, можливе за відносної вологості повітря не більше 75–80%. Збільшення вологості повітря можливе за паронепроникного пакування.

Визначено гігроскопічні, пружно-пластичні властивості, кінетику зневоднення плівок із кишкової сировини під час їх сушіння залежно від варіювання температурного впливу (від 40°C до 70°C). Встановлено, що збільшення міцності та зменшення пластичності багатофункціональної плівки за збільшення температури її сушіння пояснюється необоротними змінами у складі кишкової сировини, із якої отримується плівка, під дією температури. Необхідність збереження нативних універсальних пружно-пластичних властивостей натуральних ковбасних оболонок зумовлює рекомендовані раціональні параметри: температура 40–50°C, тривалість 20–30 хв.

Визначено раціональні параметри технологічних процесів реалізації запропонованих рішень з удосконалення технології склеєних кишкових плівок із яловичих черев та складено відповідні технологічні схеми, що є основою для закріплення їх у технологічній документації.

Одержано комплекс даних про органолептичні, функціонально-технологічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок із яловичих, які свідчать про їх відповідність вимогам технологій ковбасних виробів, а також відомості про технологічні та якісні характеристики смажених м'ясних продуктів із використанням склеєних кишкових плівок із яловичої сировини, що є основою для закріплення їх у відповідній нормативній документації.

На підставі результатів вивчення дослідницьких технологічних пропозицій залучення склеєних кишкових плівок у виробництво смажених м'ясних продуктів показано, що листові склеєні кишкові плівки можуть бути напівфабрикатом для широкої низки можливих технологічних рішень у конструюванні м'ясних та споріднених продуктів. Основними функціями склеєних кишкових плівок, як напівфабрикату широкого призначення, залишається захист внутрішнього вмісту, а також створення оригінального

зовнішнього вигляду, різноманітної (практично необмеженої варіативності) форми, що надає відповідні переваги. Запропоновано використання листових склеєних кишкових плівок з яловичої сировини (черев яловичих) у технології м'ясних продуктів – Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських. Встановлено, що порівняно з обраними контрольними зразками (без використання склеєних кишкових плівок), вихід дослідної (запропонованої) готової продукції вище на 4,9–5,2%, що забезпечить ефективність технології в результаті зниження кількісних втрат в процесі теплового оброблення. Показано, що закономірності покращення органолептичних характеристик, змін фізико-хімічних показників готової смаженої м'ясної продукції у склеєних кишкових плівках з яловичих черев і без їх використання зумовлено різним ступенем випаровування вологи та витікання рідкої частини, що містить водорозчинні білки та жир, кухонну сіль, залежно від наявності додаткового бар'єру в масообмінних процесах, характерних для смаження м'ясної продукції.

Розроблено експериментальні установки: для дослідження міцності шва склеєних кишкових оболонок, пружно-пластичних властивостей кишкових оболонок; для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки. Визначено основні конструкційні особливості та раціональні режими роботи пристроїв: для одержання багатофункціональних плівок із кишкової сировини тепловою коагуляцією; для одержання оболонок із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення когезійних швів; для одержання оболонок із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, в тому числі інтенсифікованого електрофорезом.

Оцінювання ефективності впровадження розроблених технологій склеєних кишкових оболонок з яловичої сировини підтверджує доцільність їх впровадження у діяльність підприємств харчової індустрії.

Відзначено що для підприємства, що виробляє кишкові оболонки із некондиційної сировини, за існуючої технології вихід готової продукції

становить 267 м готової продукції на 1000 м некондиційної сировини. У разі впровадження розроблених технологій цей показник збільшується та становить 589–722 м готової продукції на 1000 м некондиційної сировини, Прибуток, який отримає підприємство, якщо впровадить розроблені технології, становитиме 1178–1444 грн на 1000 м, а приріст прибутку у розрізі видів продукції становитиме від 111 грн до 378 грн на 1000 м залежно від застосованої технології. Економічний ефект від повернення у виробництво некондиційної сировини становитиме 48–68 грн/ 1000 м некондиційної сировини.

Ефект для споживача полягає у більш низькій ціні споживання продукції, оскільки продукція за розроблених технологій зберігається у сухому вигляді, і споживач має нижчі витрати на зберігання цієї продукції.

За рахунок зменшення витрат сировини на виготовлення готової м'ясної продукції з використанням склеєних кишкових плівок економія витрат становитиме 1926 грн та 2296 грн на 100 кг готової продукції «Рулетики курячі зі шпиком» та «Смаженики м'ясні Харківські» відповідно.

Соціальний ефект від використання розроблених кишкових плівок і ковбасних оболонок проявляється у підвищенні якісних характеристик готової продукції, що сприяє повнішому задоволенню потреб споживачів у безпечній та якісній харчовій продукції.

Екологічний ефект полягає у зменшенні викидів метану у розмірі 0,7–1,0 кг на кожні 1000 м некондиційної яловичої кишкової сировини.

Одержані результати досліджень упроваджені у виробництво та освітній процес.

Ключові слова: склеєні кишкові плівки, ковбасні оболонки, яловича сировина, колаген, притискання, функціонально-технологічні властивості, розривне навантаження, якість, безпечність, зшивання, сушіння, м'ясні продукти, рулетики курячі зі шпиком, смаження, вихід готової продукції..

ANNOTATION

Onyshchenko A.V. Improvement of technologies of glued intestinal films from beef raw material and meat products with their use. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 181 «Food Technology». – State Biotechnological University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2026.

The aim of the study is the scientific substantiation of improved technologies of glued intestinal films from beef raw material by physical and chemical cross-linking, and meat products with their use. The object of the study is the technologies of glued intestinal films from beef raw material using methods of physical and chemical cross-linking use, and meat products with their use. The subject of the study is the residues of substandard beef intestinal raw material obtained during the manufacture and use of beef-casing semi-finished products in sausage production; serous casings (obtained as a result of the technological processing of pig intestines); glued intestinal films (sheet and tubular – sausage casings); tannin; food acids (acetic, citric, lactic); the functional and technological properties of intestinal films and sausage casings; fried meat products; the quantitative and qualitative indicators of the technology of fried meat products.

On the base of theoretical analysis of the scientific and practical literature, the relevance of research aimed at improving the technologies of glued intestinal films made beef raw material with physical and chemical cross-linking methods use, as well as the development of design solutions for the corresponding devices for implementing innovative technologies, has been substantiated. It is shown that the development and introduction of these technological solutions makes it possible to conserve the resource of natural casings, in line with current global principles of resource conservation and lean production, and also improves the functional and technological properties of glued intestinal films from beef raw material.

Scientific novelty of the results obtained. On the base of theoretical and experimental research, resource-saving technologies for glued intestinal films and casings from beef raw material have been scientifically substantiated. These technologies consist in creating additional local reinforcing seams in the cohesive plane with methods of physical and chemical cross-linking use, which provides the formation of functional and technological properties, increases the strength of the films, and promotes the efficient use of secondary meat raw material, namely:

for the first time:

- the patterns of change in the breaking load of an additionally reinforced cohesive seam of glued intestinal films made from beef casings have been established, depending on the temperature and thermal coagulation duration;

- the patterns of the effect of treatment with organic acids (lactic, citric, and acetic) on the water-absorption capacity and the state of the collagen-elastin structure of intestinal films from beef-casing semi-finished products have been established, which substantiates the parameters of their loosening and accessibility and provides tanning efficiency increasing;

- the patterns of change in the breaking load of the seam of glued intestinal films made from beef casings have been established under the combined action of pre-hydrolysis treatment with lactic acid, pressing, the formation of convex stiffening ribs, and tanning, depending on the tannin solution concentration and tanning duration;

- the patterns of change in the breaking load of the seam of glued intestinal films from beef casings have been established, depending on the combined use of biologically related adhesive construct – a porcine serous film – and tanning accelerated by electrophoresis;

- the patterns of formation of the hygroscopic and elastic-plastic properties of films from beef intestinal raw material during drying have been established, depending on temperature regimes, which provides the formation of the functional and technological properties of multifunctional food film;

- the technological regimes for the production of glued intestinal films and casings from beef casings, additionally reinforced by physical and chemical cross-linking, have been substantiated, providing sufficient strength for their use in the meat products production;

further developed and generalized:

- the methodology of assessing the protective properties of natural sausage casings;

- the understanding of the effect of chemical and physical cross-linking methods on the organoleptic, physical, and mechanical characteristics and the safety indicators of glued intestinal films and casings from beef casings;

- data on the technological and quality characteristics of fried meat products with use of glued intestinal films from beef raw material.

A method of additional cross-linking of intestinal films from beef casings by thermal coagulation has been developed, together with a universal apparatus for its implementation, which provides the possibility of cross-linking and drying raw material of different geometric dimensions, thickness, and species. The resulting finished product is a universal pre-tube casing (semi-finished product) – a multifunctional glued intestinal film, from which sausage casings of the required size and shape can be obtained.

On the base of the results of seam breaking-load studies, rational ranges for cross-linking duration have been determined: for 150°C – 15–16 s; for 160°C – 14–15 s; for 170°C – 14–15 s; for 180°C – 12–13 s. It has been determined that the breaking-load value of the seam, for a range of distances between the points forming it of 5 mm to 20 mm, lies respectively in the range from 17,5 N/m to 15,0 N/m, which satisfies the technological requirements for the strength of the seam of glued intestinal sausage casings. For the purpose of energy and resource efficiency, the need to sort the raw material into 3 grades has been demonstrated.

It has been established that changes in the water absorption of beef-casing semi-finished products under the influence of treatment with food acids are related to pre-hydrolysis transformations in their collagen-elastin structure. Treatment

with aqueous solutions of lactic, citric, and acetic acids ($C\% = 1,0\text{--}5,0\%$) makes it possible to increase the water absorption of beef-casing semi-finished products by a factor of 1,23–2,45 (from 23.2% for an acetic acid solution at $C\%=1,0\%$, to 144,5% for lactic acid at $C\%=5,0\%$). An effective increase in water absorption is characteristic mainly within the pH range of 2,05–2,63. High activity in the build-up of water-absorption values is characteristic of the first 4 hours of exposure. Changes in the concentration of acid solutions have a more noticeable effect on the increase in water absorption within the range of 1,0–3,0%. This is a precondition for substantiating the parameters of the physical and chemical action of loosening and the accessibility of collagen for tanning.

A method has been developed for obtaining glued sausage casings from beef intestinal raw material with use of local preparatory (pre-hydrolysis) acid treatment, pressing, and local tanning.

A rational duration of local tanning has been established (10,0 hours at a tannin concentration in the tanning solution of 1,3%, and 5,0–5,5 hours at a concentration of 2,0%), which indicates the tanning duration reducing by more than half, because of treatment with 2,0% aqueous solution of lactic acid.

As a result to the technical implementation of pressing (under pressure in a perforated cylinder), convex stiffening ribs are formed.

A method has been developed for manufacturing glued sausage casings from beef casings with use biologically related adhesive construct (a porcine serous film) and electrophoresis during tanning. Rational electrophoresis parameters which are used for the tanning process accelerating have been determined: at a potential difference of 100 V, the exposure duration of the gluing site for beef casings is 20 minutes.

It has been established that the multifunctional film, which is dried at temperatures of 40°C, 50°C and 60°C, can be stored without loss of quality in vapor-permeable packaging at a relative humidity of no more than 70%. Storage of the multifunctional film dried at a temperature of 70°C is possible at a relative air

humidity of no more than 75–80%. An increase in air humidity is possible with vapor-impermeable packaging.

The hygroscopic and elastic-plastic properties and the dehydration kinetics of films which are made from intestinal raw material during drying have been determined, depending on variation of the temperature effect (from 40°C to 70°C). It has been established that the increase in strength and decrease in plasticity of the multifunctional film with increasing drying temperature is explained by irreversible changes, under the effect of temperature, in the composition of the intestinal raw material from which the film is obtained. The need to preserve the native universal elastic-plastic properties of natural sausage casings determines the recommended rational parameters: a temperature of 40–50°C and a duration of 20–30 minutes.

Rational parameters for the technological processes implementing the proposed solutions for improving the technology of glued intestinal films from beef casings have been determined, and corresponding technological schemes have been drawn up, which form the basis for their incorporation into technological documentation.

A set of data has been obtained on the organoleptic and functional and technological characteristics and the safety indicators of glued intestinal films made from beef raw material, confirming their compliance with the requirements of sausage-product technologies, as well as information on the technological and quality characteristics of fried meat products with use of glued intestinal films from beef raw material, which form the basis for their incorporation into the relevant regulatory documentation.

On the base of the results of studying research-based technological proposals for incorporating glued intestinal films into the production of fried meat products, it is shown that sheet glued intestinal films can serve as a semi-finished product for a wide range of possible technological solutions in the design of meat and related products. The main functions of glued intestinal films, as a semi-finished product of broad application, remain the protection of the internal content, as well as the

creation of an original external appearance and a diverse (practically unlimited variety of) shape, which provides corresponding advantages. The use of sheet glued intestinal films made from beef raw material (beef casings) is proposed in the technology of meat products – Chicken Rolls with Pork Fat (in edible films) and Kharkiv Fried Meat Patties (“Smazheniki”). It has been established that, compared with the selected control samples (without use of glued intestinal films), the output of the experimental (proposed) finished product is 4,9–5,2% higher, which provides the efficiency of the technology as a result of reducing quantitative losses during heat treatment. It is shown that the patterns of improvement in organoleptic characteristics and changes in the physical and chemical indicators of finished fried meat products in glued intestinal films made from beef casings, compared with products made without their use, are due to differing degrees of moisture evaporation and leakage of the liquid fraction containing water-soluble proteins, fat, and table salt, depending on the presence of an additional barrier in the mass-exchange processes characteristic of meat-product frying.

Experimental setups have been developed: for studying the strength of the seam of glued intestinal casings and the elastic-plastic properties of intestinal casings; and for studying the leakage of the liquid filling fraction for sausage products through the seam of the sausage casing. The main design features and rational operating regimes of the devices have been determined: for obtaining multifunctional films from intestinal raw material by thermal coagulation; for obtaining casings with local preparatory pre-hydrolysis treatment use, pressing, and tanning of cohesive seams; and for obtaining casings with use biologically related adhesive constructs and tanning, including tanning intensified by electrophoresis.

An assessment of the efficiency of implementing the developed technologies for glued intestinal casings from beef raw material confirms the feasibility of their introduction into the operations of food-industry enterprises.

It is noted that, for an enterprise producing intestinal casings from substandard raw material, under the existing technology the output of finished

product is 267 m of finished product per 1000 m of substandard raw material. With the introduction of the developed technologies, this indicator increases to 589–722 m of finished product per 1000 m of substandard raw material. The profit that an enterprise will receive upon introducing the developed technologies will amount to UAH 1178–1444 per 1000 m, while the increase in profit by product type will range from UAH 111 to UAH 378 per 1000 m, depending on the applied technology. The economic effect of returning substandard raw material to production will amount to UAH 48–68 per 1000 m of substandard raw material.

The effect for the consumer consists in a lower consumption price for the product, since the product, which are made with the developed technologies use is stored in dry form, giving the consumer lower storage costs for this product.

Because of the reduction in raw-material costs for manufacturing finished meat products with glued intestinal films use, cost savings will amount to UAH 1926 and UAH 2296 per 100 kg of finished “Chicken Rolls with Pork Fat” and “Kharkiv Fried Meat Patties” products, respectively.

The social effect of using the developed intestinal films and sausage casings is manifested in an increase in the quality characteristics of the finished product, which contributes to more complete satisfaction of consumer needs for safe, high-quality food products.

The environmental effect consists in a reduction of methane emissions by 0,7–1,0 kg for every 1000 m of substandard beef intestinal raw material.

The obtained research results have been implemented in production and in the educational process.

Keywords: glued intestinal films, sausage casings, beef raw material, collagen, pressing, functional and technological properties, breaking load, quality, safety, cross-linking, drying, meat products, chicken rolls with pork fat, frying, finished-product output.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних
Web of Science Core Collection та Scopus

1. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Grynchenko N., Dromenko O., Pak A., Inzhyyants S., **Onyshchenko A.** Devising a technique and designing an apparatus for obtaining a multifunctional purpose film from intestinal raw materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 3/11 (123). P. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279008> (Q3, Scopus, Ukraine, Kharkiv). *Внесок здобувача: досліджено розривне навантаження когезійного шва склеєних кишкових плівок з яловичих черев, отриманого способом теплової коагуляції, узагальнено та проаналізовано одержані закономірності, визначено раціональні технологічні параметри, конструкційні особливості і раціональні режими роботи пристрою для додаткового теплового зиживання.*

2. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., **Onyshchenko A.**, Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S. Formation of functional and technological properties of the film from intestinal raw materials during the drying process // Food Science and Technology. 2024. Vol. 18, Iss. 1. P. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v18i1.2850> (Q4, Web of Science, Ukraine, Odessa). *Внесок здобувача: досліджено гігроскопічні властивості склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення із яловичої сировини, пружно-пластичні властивості плівок, отриманих за різної температури сушіння, узагальнено та проаналізовано одержані закономірності, визначено раціональні значення температури та тривалості сушіння плівки.*

3. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S., **Onyshchenko A.** Devising a technology for obtaining glued sausage casings from intestinal raw materials using electrophoresis // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4/11 (130). P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.308603> (Q3, Scopus, Ukraine, Kharkiv). *Внесок здобувача: запропоновано застосування способу склеювання кишкових оболонок з використанням адгезивного спорідненого конструкту та електрофорезу під час дублення; досліджено розривне навантаження*

когезійного шва склеєних кишкових оболонок з яловичих черев; узагальнено та проаналізовано одержані закономірності; визначено раціональні параметри технологічного процесу та прийнято участь у розробці основних конструктивних рішень пристрою для реалізації удосконаленої технології.

4. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S., **Onyshchenko A.** Improving the technology of glued sausage casings from subgrade beef intestinal raw materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 3/11 (135). P. 43–51. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.328922> (Q3, Scopus, Ukraine, Kharkiv). *Внесок здобувача: запропоновано застосування підготовчої локальної передгідролісної кислотної обробки, притискання та дублення з метою отримання додаткового зміцнювального шва яловичих кишкових плівок; досліджено розривне навантаження, узагальнено та проаналізовано одержані закономірності; визначено раціональні параметри технологічного процесу та прийнято участь у розробці основних конструктивних рішень пристрою для реалізації удосконаленої технології.*

Статті у наукових виданнях,

включених до переліку наукових фахових видань України

5. Онищенко В. М., Янчева М. О., **Онищенко А. В.**, Інжиянц С. Т. Передгідролісні зміни водопоглинання яловичих черев під впливом кислотної обробки // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2024. № 1 (19). С. 65–69. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.01.09> (Категорія «Б», Україна, Харків). *Внесок здобувача: досліджено зміни водопоглинання плівок з яловичих черев під впливом обробки водними розчинами молочної, лимонної та оцтової кислот.*

6. Онищенко В. М., Янчева М. О., **Онищенко А. В.** Безпечність натуральних ковбасних оболонок у контексті вимог системи НАССР та їх гармонізації // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Вип. 2. Ч. 2. С. 180–187. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2026.2.2.18> (Категорія

«Б», Україна, Херсон). *Внесок здобувача: узагальнено небезпеки у виробництві та використанні натуральних ковбасних оболонок.*

7. **Онищенко А. В., Янчева М. О., Пак А. О., Онищенко В. М.** Удосконалення ресурсозберігаючих технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини фізичним та хімічним зшиванням // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Державний біотехнологічний університет. Харків: ДБТУ, 2026. Вип. 1 (39). С. 68–81. DOI: <https://doi.org/10.31359/2312.3990.2026.39.1.68> (Категорія «Б», Україна, Харків). *Внесок здобувача: складено технологічні схеми виготовлення склеєних кишкових плівок та оболонок з яловичих черев; досліджено органолептичні, фізичні, механічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок.*

Тези доповідей та матеріали конференцій

8. Янчева М. О., Онищенко В. М., Інжиянц С. Т., Онищенко А. В. Формування міцності когезійного шва склеєних ковбасних оболонок з яловичої кишкової сировини // Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі: III Міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2022 р.: прогр. та тези матер. К.: НУХТ, 2022. С. 93–94. *Внесок здобувача: узагальнено перспективні напрями зміцнення та стабільності когезійного шва склеєних ковбасних оболонок з яловичої кишкової сировини.*

9. Онищенко В. М., Пак А. О., Онищенко А. В., Інжиянц С. Т. Розробка апарата для сушіння плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини // Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини: всеукр. наук.-практ. конф., 8 червня 2023 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2023. С. 29–30. *Внесок здобувача: представлено основні конструкційні особливості апарата для сушіння кишкових плівок багатофункціонального призначення із яловичої сировини.*

10. Онищенко В. М., Янчева М. О., Пак А. О., Онищенко А. В. Дослідження процесу кондуктивного сушіння плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини // Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини: всеукр. наук.-практ. конф., 8 червня

2023 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2023. С. 31–32. *Внесок здобувача: визначено тривалість сушіння вологої плівки із кишкової сировини за різної температури нагрівальних поверхонь.*

11. Онищенко В. М., Янчева М. О., Інжиянц С. Т., Онищенко А. В. Створення і використання склеєних кишкових плівок широкого призначення // Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 21 вересня 2023 р.: прогр. та тези матер. К.: НУХТ, 2023. С. 32. *Внесок здобувача: визначено актуальність одержання плівок широкого призначення із кишкової сировини з метою використання як напівфабрикату для виготовлення ковбасних оболонок та їстівного натурального матеріалу в харчових технологіях.*

12. Пак А. О., Онищенко А. В., Інжиянц С. Т. Методика та установка для дослідження витікання рідкої фракції вмісту ковбасних виробів через шов склеєної оболонки // Технічний прогрес в АПВ: міжнар. наук.-практ. конф., 21-22 травня 2024 р.: матер. Харків: ДБТУ, 2024. С. 255–257. *Внесок здобувача: відпрацювання методики та опис роботи дослідної установки з визначення міцності склеєних кишкових плівок.*

13. Онищенко А. В., Янчева М. О. Дослідження водопоглинання фабрикатів яловичих черев, оброблених харчовими кислотами // Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді: Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 7 листопада 2024 р.: тези доп. / Державний біотехнологічний університет. Харків: ДБТУ, 2024. С. 72. *Внесок здобувача: узагальнення закономірностей змін водопоглинання кишкових плівок під впливом кислотної обробки.*

14. Онищенко В. М., Пак А. О., Онищенко А. В. Формування функціонально-технологічних властивостей плівки із кишкової сировини під час сушіння // Молодь і технічний прогрес в АПВ [Електронний ресурс]: міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 листопада 2024 р.: матер. / Державний біотехнологічний університет. Харків: ДБТУ, 2024. С. 433–437. *Внесок*

здобувача: узагальнення закономірностей змін функціонально-технологічних властивостей плівки із кишкової сировини під час сушіння.

15. Онищенко В. М., Пак А. О., Янчева М. О., Онищенко А. В. Технологія склеювання кишкових оболонок з використанням адгезивних споріднених конструктів // Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес: II міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2025 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2025. С. 39–40. *Внесок здобувача: узагальнення закономірностей впливу використання адгезивних споріднених конструктів на формування міцності та стабільності когезійного шва у технології склеєних ковбасних оболонок з яловичої сировини.*

16. Онищенко А. В., Янчева М. О., Онищенко В. М. Вивчення дослідницьких пропозицій залучення склеєних кишкових плівок у виробництво м'ясних продуктів // Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 травня 2026 р.: тези доп. К.: НУХТ, 2026. С. 74–77. *Внесок здобувача: запропоновано використання листових склеєних кишкових плівок з черев яловичих у технології смажених м'ясних продуктів.*

17. Онищенко В. М., Янчева М. О., Онищенко А. В. Якість і безпечність натуральних ковбасних оболонок у контексті вимог системи НАССР, світових стандартів та їх гармонізації // Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес: міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2026 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2026. С. 146–147. *Внесок здобувача: узагальнено небезпеки у виробництві та використанні натуральних ковбасних оболонок.*

18. Онищенко В. М., Янчева М. О., Онищенко А. В. Технологічні та споживні властивості смажених м'ясних продуктів у склеєних кишкових плівках // Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес: міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2026 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2026. С. 56–57. *Внесок здобувача: проведено технологічні відпрацювання та одержано результати оцінки споживних властивостей смажених м'ясних продуктів з використанням листових склеєних кишкових плівок.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ІННОВАЦІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ СКЛЕСНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК З ЯЛОВИЧОЇ СИРОВИНИ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	33
1.1. Сучасний розвиток ринку ковбасних оболонок та чинники впливу на сегментаційні зміни у їх виробництві та використанні	33
1.2. Технологічні аспекти виробничої обробки, фізичні, хімічні та біологічні відмінності кишкової сировини як чинники формування інноваційних підходів у вдосконаленні їх технологій	37
1.3. Аналіз концептуальних підходів та розвитку технологій склєєних кишкових плівок як складової ресурсозбереження та ощадливого виробництва	42
1.4. Безпечність натуральних ковбасних оболонок	50
1.5. Зшивання колагену кишкової сировини та забезпечення необоротності його властивостей	53
Висновки до розділу 1.....	56
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТИ, МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПОСТАНОВКИ ДОСЛІДЖЕННЯ	59
2.1. Об’єкт, предмети і матеріали досліджень.....	59
2.2. Методи досліджень.....	60
2.3. Планування та постановка теоретичних і експериментальних робіт, мета і завдання досліджень.....	70
Висновки до розділу 2.....	73

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ	
ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ	
ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК ІЗ ЯЛОВИЧОЇ	
СИРОВИНИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ	
ФІЗИЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗШИВАННЯ	75
3.1. Розробка способу удосконалення технології, визначення основних	
конструкційних особливостей апарата для зшивання яловичої	
кишкової сировини тепловою коагуляцією, раціональних режимів	
його роботи та параметрів технологічного впливу	75
3.2. Визначення змін водопоглинання фабрикатів яловичих черев під	
впливом кислотної обробки.....	94
3.3. Розробка способу удосконалення технології склеєних кишкових	
оболонки із несортової яловичої кишкової сировини шляхом	
використання локальної підготовчої передгідролічної обробки,	
притискання та дублення когезійних швів	97
3.4. Розробка способу та пристрою для склеювання кишкових	
оболонки із використанням дублення розчином таніну місця	
склеювання, адгезивних споріднених конструктив та електрофорезу.....	114
3.5. Дослідження формування функціонально-технологічних	
(гігроскопічних, пружно-пластичних) властивостей, кінетики	
зневоднення плівок із кишкової сировини під час їх сушіння залежно	
від варіювання температурного впливу	130
Висновки до розділу 3.....	147
РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ	
СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК ІЗ ЯЛОВИЧОЇ СИРОВИНИ	152
4.1. Розробка та удосконалення технологій склеєних кишкових плівок	
із яловичої сировини	152
4.2. Якість і безпечність сухих склеєних оболонок із яловичих черев ...	159
4.3. Вивчення дослідницьких пропозицій залучення склеєних	
кишкових плівок у виробництво смажених м'ясних продуктів.....	161

	23
Висновки до розділу 4.....	171
РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ	
ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	174
5.1. Апробація результатів досліджень та впровадження їх в практику.....	174
5.2. Оцінка ефективності наукових розробок.....	175
Висновки до розділу 5	187
ВИСНОВКИ.....	189
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	194
ДОДАТКИ.....	221
ДОДАТОК А. Акт дегустації.....	222
ДОДАТОК Б. Довідки про участь у виставках.....	225
ДОДАТОК В. Акти впровадження результатів наукових досліджень у виробництво.....	233
ДОДАТОК Г. Акти впровадження результатів наукових досліджень в освітній процес.....	240

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Середньорічний темп підвищення обсягу ринку ковбасних оболонок становить 3,5%, що зумовлено збільшенням їх затребуваності як функціональних ємностей для зростаючих обсягів виробництва харчової продукції. Світові виробники ковбасних оболонок приділяють значну увагу інноваціям з удосконалення технологій, розширення асортименту, економії ресурсів та формування якості та безпечності своєї продукції з метою задоволення кінцевого споживача та отримання економічного ефекту. Домінування на ринку сегменту саме натуральних оболонок залишається незмінним. Поряд з цим, потребують вирішення характерні для сучасного ринку труднощі, пов'язані з нестачею кишкової сировини, необхідністю забезпечення її якості та суворого контролю безпечності, нестабільністю калібрів та довжини натуральних ковбасних оболонок.

Однією з найважливіших складових світової концепції ощадливого виробництва (lean production) є усунення і скорочення залишків та відходів сировини. Раціональному використанню натуральної сировини у харчових технологіях приділяється пильна увага, особливо ефективними виглядають рішення з ресурсозбереження під час виробництва продукції м'ясної промисловості.

Технології обробки кишок сільськогосподарських тварин з метою одержання універсальних натуральних ковбасних оболонок та виготовлення ковбасних виробів супроводжуються значною кількістю відходів та браку кишок (сумарно 20–30%), що зумовлено інтенсифікацією у тваринництві, прижиттєвими та технологічними чинниками. При цьому більш глибока переробка невикористаних залишків некондиційної кишкової сировини у реструктуровану харчову продукцію не завжди є виправданою. Це пов'язано із необхідністю значних фізико-хімічних перетворень, порівняно з прямим використанням кишок як природної захисної ємності для фаршу ковбасних

виробів та інших м'ясних продуктів. З цієї точки зору, виробництво склеєних кишкових ковбасних оболонок дозволяє суттєво і вигідно скоротити частку залишків та відходів сировини. А запровадження ефективних технологій міцного та стабільного зчеплення відрізків і смуг невикористаних фабрикатів кишок та їх апаратурного оформлення для виготовлення рукавних і листових плівкових матеріалів багатфункціонального призначення є актуальним напрямом наукових досліджень.

Основним недоліком склеєних кишкових плівок є недостатня міцність когезійних швів у вологому середовищі, яке є характерним для переважної більшості технологій, внаслідок чого відбувається їх розшаровування. Удосконаленню технологій склеєних оболонок із кишкової сировини присвячені праці вчених В.М. Михайлова, В.М. Онищенко, S. Bartel, J. Domin, Z. Pilch, J. Karczewski, F. Gay, P. Coutave, E. T. Hansen та ін. Відомі дані про формування міцності збільшенням кількості шарів кишкових смуг та напрямів їх взаємного розташування, із застосуванням лазеру та високочастотного струму, трансглютамінази, армуванням склеєних кишкових оболонок зі свинячих черев тепловою коагуляцією і рослинним дубленням. Поряд з цим, залишаються невизначеними параметри теплової коагуляції та дублення для доволі розповсюдженої яловичої кишкової сировини, що зумовлено відмінностями її хімічного складу, морфології та фізико-хімічних властивостей. Потребує вирішення збереження нативних властивостей кишкової сировини, що може бути досягнуто зменшенням площі поверхні модифікаційного фізико-хімічного впливу зшивальних заходів, зокрема цілеспрямованим локальним формуванням міцності когезійного шва. Викликає інтерес використання конструкційно-технологічних прийомів, зокрема формування на поверхні плівок ребер жорсткості. Перспективним напрямком формування міцності когезійного шва є застосування близького за природою кишок адгезиву, що може бути розташований між шарами склеювальних поверхонь. Постає питання необхідності прискорення процесу дублення. Отже, ефективні результати

інноваційних досліджень за означеними актуальними напрямками дозволять наблизити рівень функціонально-технологічних властивостей склеєних кишкових плівок до стандартних кондиційних, які є універсальними щодо використання для усіх видів відповідних м'ясних продуктів.

Таким чином, з урахуванням концептуальних підходів та розвитку інновацій, актуальними є дослідження з удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини фізичним та хімічним зшиванням та м'ясних продуктів з їх використанням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до основних напрямків наукових досліджень Державного біотехнологічного університету, зокрема за темами №17-23Д (01235U103198) «Розроблення та запровадження системи НАССР для продукції з м'ясної сировини», №0123U100194 «Наукові та практичні аспекти запровадження принципів ощадливого виробництва (lean production) в технологіях продукції м'ясопереробної галузі».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини фізичним та хімічним зшиванням та м'ясних продуктів з їх використанням.

Для досягнення мети необхідно було вирішити низку взаємопов'язаних завдань:

- теоретично обґрунтувати доцільність техніко-технологічних інновацій у технології склеєних кишкових плівок з яловичої сировини;
- дослідити та розробити спосіб, визначити основні конструкційні особливості апарата для зшивання яловичої кишкової сировини тепловою коагуляцією, раціональні режими його роботи та параметри технологічного впливу;
- визначити зміни водопоглинання кишкових плівок з фабрикатів яловичих черев під впливом обробки харчовими кислотами, як характеристики передгідролізних перетворень у їх колагеново-еластиновій

структурі, задля подальшого обґрунтування параметрів фізико-хімічної дії їх розпушення, доступності та ефективності реалізації локального дублення;

- дослідити та розробити спосіб удосконалення технології склеєних кишкових оболонок із несортової яловичої кишкової сировини шляхом використання локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення когезійних швів;

- дослідити та розробити спосіб та пристрій для склеювання кишкових оболонок із використанням дублення розчином таніну місця склеювання, адгезивних споріднених конструктів та електрофорезу, а також визначити раціональні параметри дублення із застосуванням електрофорезу (різницю потенціалів, яка прикладається до електродів, тривалість обробки);

- дослідити формування функціонально-технологічних (гігроскопічних, пружно-пластичних) властивостей, кінетики зневоднення плівок із кишкової сировини під час їх сушіння залежно від варіювання температурного впливу;

- на підставі одержаних результатів розробити заходи з удосконалення технології склеєних кишкових ковбасних оболонок з яловичої сировини із використанням запропонованих способів фізичного та хімічного зшивання;

- вивчити дослідницькі технологічні пропозиції залучення склеєних кишкових плівок у виробництво смажених м'ясних продуктів;

- виконати комплекс робіт з упровадження одержаних результатів у виробництво та освітній процес;

- визначити економічну ефективність впровадження одержаних техніко-технологічних рішень з удосконалення технології склеєних кишкових ковбасних оболонок з яловичої сировини.

Об'єкт дослідження – технології склеєних кишкових плівок із яловичої сировини з використанням методів фізичного і хімічного зшивання та м'ясних продуктів з їх застосуванням.

Предмет дослідження – залишки некондиційної яловичої кишкової сировини, отримані під час виготовлення та використання у ковбасному

виробництві фабрикатів яловичих черев, серозні плівки (отримувані в результаті технологічної обробки свинячих кишок), склеєні кишкові плівки (листові та рукавні – ковбасні оболонки), танін, харчові кислоти (оцтова, лимонна, молочна), функціонально-технологічні властивості кишкових плівок та ковбасних оболонок; смажені м'ясні продукти; кількісні та якісні показники технології смажених м'ясних продуктів.

Методи дослідження: стандартні загальноприйняті, удосконалені і пристосовані до кишкових плівок фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні методи досліджень, стандартні методи дослідження м'ясних продуктів, методи планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних із використанням сучасних комп'ютерних програм; експериментальні установки для дослідження міцності шва склеєних кишкових оболонок, пружно-пластичних властивостей кишкових оболонок, для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки.

Наукова новизна одержаних результатів. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано ресурсозберігаючі технології склеєних кишкових плівок та оболонок із яловичої сировини, які полягають у створенні додаткових локальних зміцнювальних швів у когезійній площині із використанням методів фізичного і хімічного зшивання, що забезпечує формування функціонально-технологічних властивостей, підвищує міцність плівок та сприяє ефективному використанню вторинної м'ясної сировини, а саме:

вперше:

- встановлено закономірності змін розривного навантаження додатково зміцненого когезійного шва склеєних кишкових плівок із яловичих черев залежно від температури та тривалості теплової коагуляції;

- встановлено закономірності впливу обробки органічними кислотами (молочною, лимонною та оцтовою) на водопоглинальну здатність та стан колагеново-еластинової структури кишкових плівок із фабрикатів яловичих

черев, що обґрунтовує параметри їх розпушення і доступності та забезпечує підвищення ефективності дублення;

- встановлено закономірності змін розривного навантаження шва склеєних кишкових плівок із яловичих черев під впливом комплексної дії передгідролізної обробки молочною кислотою, притискання, формування опукло-випуклих ребер жорсткості та дублення залежно від концентрації розчину таніну і тривалості дублення;

- встановлено закономірності змін розривного навантаження шва склеєних кишкових плівок із яловичих черев залежно від комплексного використання адгезивного спорідненого конструкту, що являє собою серозну свинячу плівку, та дублення, прискореного електрофорезом;

- встановлено закономірності формування гігроскопічних та пружно-пластичних властивостей плівок із яловичої кишкової сировини в процесі сушіння залежно від температурних режимів, що забезпечує формування функціонально-технологічних властивостей харчової плівки багатофункціонального призначення;

- обґрунтовано технологічні режими виробництва склеєних кишкових плівок і оболонок із яловичих черев, додатково зміцнених фізичним та хімічним зшиванням, що забезпечують достатню міцність для їх використання у виробництві м'ясних продуктів;

набули подальшого розвитку та узагальнення:

- методологія оцінювання захисних властивостей натуральних ковбасних оболонок;

- уявлення про вплив способів хімічного і фізичного зшивання на органолептичні, фізичні, механічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок та оболонок із яловичих черев;

- дані про технологічні та якісні характеристики смажених м'ясних продуктів із використанням склеєних кишкових плівок із яловичої сировини.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено

технології склеєних кишкових плівок та ковбасних оболонок із яловичої сировини, що забезпечують необхідні функціонально-технологічні властивості для натуральних ковбасних оболонок: створенням додаткових локальних зміцнювальних швів у когезійній площині тепловою коагуляцією та дубленням, із використанням передгідролізної підготовчої обробки, адгезивних споріднених конструктів, притискання та інтенсифікації дублення електрофорезом, додавання на поверхні шва опукло-випуклих утворень.

Складені технологічні схеми: 1) склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості; 2) склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості; 3) склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом. Означені схеми є основою для закріплення їх у технологічній документації.

Одержані дані про органолептичні, функціонально-технологічні характеристики та показники безпечності сухих склеєних кишкових плівок із яловичих черев, а також відомості про технологічні та якісні характеристики смажених м'ясних продуктів із використанням склеєних кишкових плівок із яловичої сировини, що є основою для закріплення їх у відповідній нормативній документації.

Розроблено експериментальні установки: для дослідження міцності шва склеєних кишкових оболонок, пружно-пластичних властивостей кишкових оболонок; для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки. Визначено основні конструкційні особливості та раціональні режими роботи пристроїв: для одержання багатофункціональних плівок із кишкової сировини тепловою коагуляцією; для одержання оболонок із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення когезійних

швів; для одержання оболонок із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, в тому числі інтенсифікованого електрофорезом.

Реалізація роботи. Одержані результати досліджень упроваджені у виробництво ТОВ «Капс Фуд Системс» (м. Дергачі, Харківська обл., акт від 09.02.2023 р.), ТОВ «Дромам'ясо» (м. Харків, акт від 05.02.2026 р.), ТОВ «Фламінго 2017» (м. Богодухів, Харківська обл., акт від 13.05.2026 р.) та в освітній процес Державного біотехнологічного університету (акти від 25.09.2023 р., 03.03.2026 р.).

М'ясні продукти із використанням склеєних кишкових плівок та оболонок з яловичих черев були представлені на дегустації у ТОВ «Дромам'ясо» (м. Харків, акт від 03.02.2026 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, розробці програми досліджень, організації, постановці експериментів та участі у їх проведенні, аналізі результатів теоретичних та експериментальних досліджень, обґрунтуванні одержаних техніко-технологічних рішень, формулюванні та узагальненні основних висновків, підготовці матеріалів до публікації, проведенні заходів з упровадження результатів дослідження у виробництво та освітній процес.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації і результати досліджень доповідались, обговорювались і були схвалені на III Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі» (м. Київ, НУХТ, 2022 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини» (м. Харків, ДБТУ, 2023 р.), IV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока» (м. Київ, НУХТ, 2023 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Технічний прогрес в АПВ» (м. Харків, ДБТУ, 2024 р.), II Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених «Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної

індустрії: наукові пошуки молоді» (м. Харків, ДБТУ, 2024 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ» (м. Харків, ДБТУ, 2024 р.), II та III Міжнародних науково-практичних конференціях «Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес» (м. Харків, ДБТУ, 2025 р., 2026 р.), IV Міжнародній науково-практичній конференції «Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації» (м. Київ, НУХТ, 2026 р.).

Розроблені кишкові плівки та оболонки, м'ясні продукти з їх використанням демонструвалися і отримали схвалення на виставці наукових розробок, яка проходила в рамках I Міжнародної науково-практичної конференції «Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес» (м. Харків, ДБТУ, 2023 р.), виставці наукових досягнень закладів вищої освіти та наукових установ регіону з нагоди Всесвітнього дня науки в ім'я миру та розвитку (м. Харків, 2024 р.).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано у 18 наукових працях, у тому числі: 7 статей у наукових фахових виданнях України, серед яких 4 – у виданнях категорії «А», включених до міжнародних баз Scopus та Web of Science, 3 – у виданні категорії «Б»; 11 тез доповідей та матеріалів конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 203 найменувань, у тому числі 141 іноземне, і чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 242 сторінках (з них основний зміст друкованого тексту складає 170 сторінок і містить 16 таблиць та 38 рисунків).

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ІННОВАЦІЙ
У ТЕХНОЛОГІЇ СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК
З ЯЛОВИЧОЇ СИРОВИНИ
(АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Сучасний розвиток ринку ковбасних оболонок та чинники впливу на сегментаційні зміни у їх виробництві та використанні

За даними Data Bridge Market Research, обсяг світового ринку ковбасних оболонок у 2024 році оцінювався в 6,64 млрд доларів США, а до 2032 року, як очікується, досягне 8,74 млрд доларів США за середньорічного темпу зростання 3,50% протягом прогнозованого періоду [1].

Очікування підвищення попиту на ковбасні оболонки і споживання перероблених продуктів з їх використанням пов'язане зі стабільними тенденціями збільшення чисельності у додатку із поступовим збільшенням доходів на душу населення. Означене сприятиме зростанню попиту та ринку ковбасних оболонок в прогнозований період. При цьому посиленням такої тенденції неодмінно стане зростаючий попит з боку підприємств швидкого харчування, а також попит на нові трендові групи харчової продукції [2], що потребують використання у їх технології функціональної ємності.

Фрагментація світового ринку ковбасних оболонок є помірною та характеризується доволі значною кількістю учасників. При цьому висока конкуренція не оминає і цей сегмент, тому завдання конкурентоздатності вирішується із залученням всіх можливих відомих інструментів, серед яких технологічна інноваційна складова відіграє одну з визначальних ролей. У зв'язку з цим переважна більшість потужних світових виробників ковбасних оболонок приділяють значну увагу розширенню меж інновацій у своїй продукції, спрямовуючи неабиякі кошти на науково-дослідні роботи з удосконалення технологій, розширення асортименту, економії ресурсів та

формування якості та безпечності продукції харчового призначення з метою задоволення кінцевого споживача та отримання економічного ефекту. Очевидним є і те, що вказані зусилля неодмінно стануть причиною подальшого зростання обсягів світового ринку ковбасних оболонок.

Порівнюючи Європейський та Азіатсько-Тихоокеанський регіони, як лідерів на світовому ринку, сьогодні експерти стверджують, що Європа є домінуючою на цьому ринку (про це свідчить найбільша частка виручки – 41,2% у 2024 році, і це може бути пояснено багатими традиціями регіону, високим споживанням переробленого м'яса, а також значним попитом на ковбасні вироби преміум-класу). Поряд з цим, очікують, що ринок ковбасних оболонок в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні буде рости найшвидшими темпами (в середньому на 9,6% в період з 2025 по 2032 рік), що зумовлено швидкою урбанізацією, зростанням наявних доходів і зростаючим попитом на перероблені та готові до вживання м'ясні продукти.

Експерти очікують, що лідерство Європи найближчими роками буде зберігатись, оскільки інвестиції в інноваційні техніко-технологічні рішення, ініціативи зі сталого розвитку, прагнення до задоволення мінливих споживацьких уподобань у технологіях ковбасних виробів в оболонках ставляться на перше місце.

Домінуючими в галузі виробництва ковбасних оболонок на сьогодні залишаються наступні авторитетні компанії: Амьяді ГмбХ Дойчленд (Німеччина), Viscofan Group (США), Almol Casing Pty Ltd (Австралія), World Casings Corporation (США), Natural Casing Co (США), Група DAT-Schaub (Данія), Oversea Casing Co (США), ПетерГельхард Натурдарме КГ (Німеччина), HOLDIJK & HAAMBERG GmbH (Німеччина), Агрімарес (Іспанія), APN NATURDARM GmbH (Німеччина), Carl Lipmann & Co. KG (GmbH & Co.) (Німеччина), Fortis Srl, Irish Casing Company (Ірландія), Корпуса MCJ (Великобританія), CDS Hackner GmbH (Німеччина).

Незмінними залишаються тенденції домінування на ринку сегменту саме натуральних оболонок (найбільша частка виручки у 2024 році для них

складає 56,3%) [1]. Непорушним поясненням такого споживчого ставлення є уподобання до автентичного смаку, текстури, зовнішнього вигляду ковбас, традиційних ідентифікаційних ознак та асоціативності із високою якістю продукції, прагнення до натуральності та екологічності [3].

Щодо труднощів, з якими стикається ринок ковбасних оболонок, то здебільшого вони пов'язані з коливаннями поставок сировини та високими виробничими витратами, особливо у випадку натуральних оболонок, отриманих з кишок тварин. Збої в ланцюзі поставок і скорочення поголів'я худоби призводять до нестабільної пропозиції та зростання цін вже протягом багатьох останніх років [4–8]. До вже відомих ускладнень також слід віднести необхідність забезпечення заходів зі збереження якості та однорідності кишкових оболонок – нестабільності калібрів та довжини, що залишається очевидним непростим завданням, оскільки автоматизація ковбасних виробництв на сучасному етапі розвитку технологій та забезпечення їх ефективності є однією з вирішальних складових. Притаманні відповідній тваринній сировині прижиттєві функції та дефекти, дефекти технологічної обробки, мікробіологічна специфічність, епізоотичні чинники [9; 10], також додають проблематики та актуальності необхідності її комплексного вирішення. В результаті означених чинників утворюється значна частка відходів натуральної тваринної сировини (до 30%), що може бути раціонально використана у харчових технологіях з метою одержання доданої вартості.

Вітчизняна переробка кишок та виробництво натуральних оболонок потерпають сьогодні від соціально-економічних та військово-політичних наслідків. Співвідношення імпортової кишкової сировини до вітчизняної становить менше ніж 90:10%. Крім стрімкого та суттєвого зниження чисельності поголів'я худоби останніми роками, до основних причин такого становища, слід віднести наявне застаріле обладнання та занижене фінансування розвитку галузі, що зводить нанівець розвиток сучасних вітчизняних інновацій в галузі кишкових виробництв [11]. Виробництво

вітчизняних натуральних оболонок сконцентроване у доволі обмежених масштабах та зосереджено практично на лічених підприємствах. Найбільш помітними українським компаніями, що виробляють натуральні оболонки повним циклом, є ТОВ «Хінкель-Когут» (Львівська обл.) та ТОВ «Маунтекс» (м. Харків). Саме ці підприємства користуються певною довірою на внутрішньому та європейському ринку натуральних оболонок. Основною їх діяльністю є переробка, калібрування, сортування яловичих, свинячих та баранячих кишок, а також виконання спеціальних замовлень підприємств-клієнтів по підготовці та пристосуванню до потреб їхнього виробництва ковбасних виробів в натуральних оболонках [12; 13]. Переважна ж більшість інших виробництв належать до підприємств низької та середньої потужності, а їх спеціалізацію зосереджено виключно на дообробці (допідготовці), сортуванні та калібруванні кишкової сировини, перетворюючи її на кишковий фабрикат високого ступеня готовності до використання у технологіях ковбасних виробів на м'ясопереробних підприємствах.

На сьогодні єдиною міжнародною асоціацією в галузі виробництва натуральних ковбасних оболонок є International Natural Sausage Casing Association (INSCA), яку було засновано ще в 1965 році здебільшого американськими компаніями. Зараз до складу INSCA входять виробники, постачальники та посередники, які займаються продукцією з натуральних оболонок, із різноманітними національним складом, досвідом, бізнес-середовищем та географічним розташуванням (Європа, Північна та Південна Америка, Азія Близький Схід, Нова Зеландія, Австралія, більше ніж 250 компаній). Їх співпраця є основою синергії у стабільному розвитку технологій кишкових оболонок, усуненні технічних бар'єрів у торгівлі та посиленні світових інтеграційних процесів. Адміністративні функції асоціації виконують фахівці з управління, які підтримують роботу штаб-квартири організації в Олександрії (Єгипет) [14].

1.2. Технологічні аспекти виробничої обробки, фізичні, хімічні та біологічні відмінності кишкової сировини як чинники формування інноваційних підходів у вдосконаленні їх технологій

Узагальнення представлених в даному підрозділі окремих відомостей про кишкову сировину має прикладний характер. Основною метою цього теоретичного аналізу є висвітлення визначальних чинників обґрунтування інноваційних підходів до удосконалення технологій натуральних оболонок, зокрема формування захисних властивостей і безпечності склеєних кишкових плівок. З цієї точки зору, морфологічна будова, анатоμο-фізіологічні функції частин кишечника, пов'язані з ними операції та сутність технологічної оброблення в сукупності надають уявлення та можуть бути теоретичним обґрунтуванням щодо доцільності та ефективності концептуальних пропозицій фізико-хімічного впливу та модифікації задля формування очікуваних функціонально-технологічних властивостей склеєних кишкових плівок.

Травний канал худоби геометрично являє собою довгий трубчатий орган, має різний діаметр на своїй протяжності, починається з горлянки і закінчується фактично задньопрохідним отвором. При цьому, незважаючи на зовнішні відмінності ділянок стінок каналу, розрізняють чотири оболонки: 1 – слизову, 2 – підслизову, 3 – м'язову і 4 – серозну (рис. 1.1), а в деяких місцях замість серозної оболонки може міститись адвентиція (сполучнотканинна оболонка) [15].

Слизова оболонка вистилає внутрішню поверхню (просвіт) каналу. Її поверхневий шар, звернений до просвіту каналу, складається з циліндричного епітелію, що утворює прості або складні поглиблення – залози. Частина залоз, що називаються загальнокишковими, поширена по всій довжині каналу. Крім того, в слизовій оболонці зустрічаються келихоподібні клітини, що виділяють в просвіт каналу слиз. Під епітелієм в слизовій оболонці розташовується сполучнотканинна підкладка або шар,

званий основою слизової оболонки, в якому знаходяться залози [9]. На більшій частині каналу під основою слизової оболонки знаходиться незначний м'язовий шар з гладких волокон. Під час скорочення цей шар може збирати в складки основу слизової оболонки.

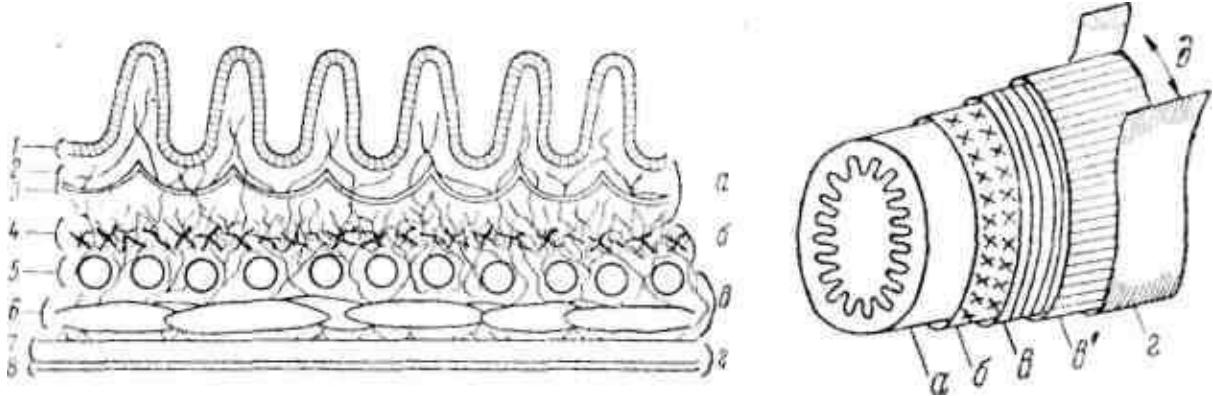


Рисунок 1.1 – Схема взаємозв'язку гістологічного та технологічного поділу стінок кишок: 1 – епітелій слизової оболонки; 2 – основа слизової оболонки; 3 – м'язів шар слизової оболонки; 4 – підслизовий шар; 5 – м'язова оболонка, кільцевий шар; 6 – м'язова оболонка, поздовжній шар; 7 – серозна оболонка; 8 – епітеліальний шар (одношаровий плоский епітелій: *a* – слизова оболонка, *b* – підслизова оболонка, *v*, *v'* – м'язова оболонка, *z* – серозна оболонка, *д* – місце розташування брижі)

Підслизова оболонка прилягає до слизової оболонки і відмежована від неї товстим м'язовим шаром слизової оболонки. Підслизова оболонка складається зі сплетіння колагенових і еластинових волокон, в якому проходять кровоносні і лімфатичні судини і розташовані вузлики – лімфатичні фолікули, нервові стовбури. Волокна підслизової оболонки проникають в основу слизової оболонки і м'язів шар, а також в прилеглу зовні двошарову м'язову оболонку. Підслизова оболонка є найміцнішою з усіх оболонок стінки травного каналу [3].

М'язова оболонка (важливо відрізняти від м'язового шару слизової оболонки – основи слизової оболонки), що прилягає до підслизової, складається з м'язових волокон, розташованих у два шари: внутрішній коловий і зовнішній поздовжній. Коловий шар під час скорочення звужує

просвіт каналу, а поздовжній – скорочує його. Послідовне скорочення і ослаблення обох шарів викликають перемішування і пересування кормових мас, відоме під назвою перистальтичного руху.

Серозна оболонка покриває зовні весь травний канал, за винятком стравоходу і кінцевої частини прямої кишки. У цих місцях канал покритий пухкою сполучною оболонкою, яка називається адвентицією. Серозна оболонка складається з епітеліального шару, тонкого еластичного основного шару і (не завжди) пухкого підсерозного шару, що містить відкладення жиру. В епітеліальному шарі є отвори – стоми. Середній основний шар серози містить в собі еластинові волокна, неоформлену сполучну тканину, кровоносні та лімфатичні судини. Серозна рідина, що зрошує поверхню серозної оболонки, містить лімфатичні тільця. Сероза стінок травного каналу служить оболонкою, що відмежовує канал від прилеглих органів і полегшує тертя його об останні. Серозна оболонка, що покриває поверхню травного каналу, утворює складки, що скріплюють ділянки каналу між собою, або ж ці складки є брижами, що прикріплюють канал до прилеглих органів [15; 16].

Одним з найважливіших етапів технологічного оброблення кишок є видалення з їх стінок обтяжуючих (баластних) оболонок. Залежно від особливостей будови та характеру використання кишок до баластних оболонок належать слизова, серозна та м'язові оболонки (рис. 1.2). Підслизова залишається у всіх випадках [9].

Необхідність видалення баластних оболонок визначається, як правило, наступним: слизової – її схильністю до швидкого гнилісного розпаду внаслідок зовнішньої кількості мікрофлори, морфологічною структурою; серозної – залежить від міцності підслизової та міцності з'єднання серозної оболонки зі стінками кишок; м'язової – залежно від товщини (видаляється у разі зовнішньої товщини, що набагато перевищує товщину підслизової оболонки), або якщо вона неміцно з'єднана з підслизовою оболонкою.

Видова належність та назва частини кишечника	Видалення баластних оболонок
<i>Слизова оболонка</i>	
Яловичі стравоходи, законсервовані сушінням	Зберігається частково
Свинячі клубові, прямі кишки та сечові міхури	Зберігається частково (внаслідок неможливості її практичного видалення)
Кінські тонкі кишки	Зберігається частково (внаслідок щільного з'єднання з підслизовою)
Інші види кишок	Видаляється
<i>Серозна оболонка</i>	
Яловичі тонкі кишки	Зберігається (внаслідок дуже щільного з'єднання її та м'язової оболонки з підслизовою)
Баранячі сліпі кишки	
Баранячі прямі кишки	Зберігається частково або повністю (внаслідок щільного з'єднання з іншими відносно неміцними оболонками – підслизовою та м'язовою)
Свинячі прямі та клубові кишки	
Інші види кишок	Видаляється
<i>М'язова оболонка</i>	
Яловичі міхури, тонкі, клубові та сліпі кишки	Зберігається (внаслідок наявності сполучнотканинного остову, задля посилення міцності стінок)
Баранячі сліпі та примі кишки	Зберігається (внаслідок міцного з'єднання з підслизовою задля посилення міцності стінок)
Свинячі товсті кишки	
Кінські тонкі кишки	
Інші види кишок	Видаляється

Рисунок 1.2 – Видалення баластних оболонок у технологічному процесі обробки кишок

Отже, як видно, серозна та м'язові оболонки можуть бути додатковими з'єднувальними конструктами, посилюючи міцність стінок натуральних оболонок, що залежить від забезпечення належного ступеня самого з'єднання.

Наявні порівняльні дані про загальний хімічний склад кишкової сировини у видовому та анатомічному контексті свідчать, що сьогодні простежується тенденція незначного перерозподілу вмісту його основних складових, що полягає у збільшенні масової частки вологи (в середньому на 2%). Так, яловичі, свинячі і баранячі кишки характеризуються масовою часткою вологи 87–91%, їх свіжоотримані фабрикати – 86–90%. На білки припадає переважна більшість залишку сухих речовин. Цим же автором

показано, що за рівнем міцності яловичі кишки найміцніші, далі розташовуються спочатку свинячі, потім – баранячі; за анатомічними частинами (виробничими найменуваннями) – синюги, а череві свинячі і баранячі, а також кучерявки свинячі характеризуються найменшими значеннями міцності. Ці дані свідчать про зменшення товщини фабрикатів кишок різних видів у 2 і більше разів [17], що може бути пояснено інтенсифікацією технологій у тваринництві та як наслідок – зміною структурно-механічних характеристик сировини [18; 19].

Іншими авторами досліджено механічні, біохімічні та гістологічні властивості свинячих та баранячих оболонок, вироблених у різних країнах, задля з'ясування чинників впливу на їх міцність. Крім цього, вивчено міцність та характеристики колагену баранячих та ягнячих кишок з метою встановлення впливу віку тварин на взаємозв'язок між сполучною тканиною та механічними властивостями кишок. Результати показали, що основним компонентом свинячих та баранячих кишок був колаген з багатьма шарами. Вміст колагену, еластину та протеоглікану у свинячих та баранячих кишках був подібним. Найміцніші оболонки мали значно нижчу теплорозчинність колагену та інший розмір і розташування колагенових волокон. Таким чином, показано, що висока термічна та структурна стабільність колагену у старих тварин може сприяти покращенню механічних властивостей кишок [20].

Вивчено розташування колагену в підслизовій оболонці кишечника та взаємозв'язок цієї структури з міцністю стінок кишок великої рогатої худоби, свиней та овець. Для визначення орієнтації колагенових фібрил, індексу орієнтації та D-відстані було використано синхротронне рентгенівське розсіювання під малим кутом (SAXS), яке показало, що результати виявились подібними у всіх трьох видів. При нормалізації за товщиною встановлено, що міцність на розривання виявилась також подібною для всіх видів, що може свідчити про структурну подібність колагену підслизвого шару натуральних оболонок різних видів, за винятком товщини, яка саме і зумовлює різні властивості під час використання [21].

Отже, наведені дані свідчать, що вирішальне значення у формуванні функціонально-технологічних властивостей кишкових оболонок має саме товщина підслизового шару, представленого здебільшого білком колагеном. При цьому забійний вік тварин визначає термічну та структурну стабільність колагену, за більш тривалої годівлі до забою сприяє покращенню механічних властивостей кишок, і навпаки.

1.3. Аналіз концептуальних підходів та розвитку технологій склеєних кишкових плівок як складової ресурсозбереження та ощадливого виробництва

Однією з найважливіших складових світової концепції ощадливого виробництва (Lean production) є усунення і скорочення залишків та відходів сировини [22; 23]. Раціональному використанню натуральної сировини у харчових технологіях приділяється пильна увага, особливо ефективними виглядають рішення з ресурсозбереження під час виробництва продукції м'ясної промисловості [24; 25].

Як було вказано вище, технології обробки кишок сільськогосподарських тварин з метою одержання універсальних натуральних ковбасних оболонок та виготовлення ковбасних виробів супроводжуються значною кількістю відходів та браку кишок (сумарно 20–30%), що зумовлено інтенсифікацією у тваринництві, прижиттєвими та технологічними чинниками [10]. При цьому більш глибока переробка невикористаних залишків некондиційної кишкової сировини у реструктуровану харчову продукцію не завжди є виправданою [26]. Це пов'язано із необхідністю значних фізико-хімічних перетворень, порівняно з прямим використанням кишок як природної захисної ємності для фаршу ковбасних виробів [27; 28]. З цієї точки зору виробництво склеєних кишкових ковбасних оболонок дозволяє суттєво і вигідно скоротити частку залишків та відходів сировини. А запровадження ефективних способів

міцного та стабільного зчеплення відрізків і смуг фабрикатів кишок та їх апаратного оформлення для виготовлення рукавних і листових плівкових матеріалів багатофункціонального призначення є актуальним напрямом наукових досліджень.

Базова класична технологія одержання склеєних кишкових плівок заснована на природних фізико-хімічних властивостях кишок (а саме їх основних білків – колагену та еластину) утворювати міцне зчеплення в результаті висушування їх з'єднаних шарів. Відомо також, що конструктивною сировиною у таких технологіях можуть бути відрізки кишок (здебільшого, баранячих та свинячих черев, оскільки їх структура більш здатна до дифузійних процесів), серозні плівки, м'язовий шар. Нарізані на смуги вологі кишкові плівки накладають одна на одну на циліндричну форму з достатнім перекриттям пошкоджених ділянок кишок та з метою забезпечення склеювання їх шарів. Подальше сушіння здійснюють за відносно невисоких температур задля запобігання коагуляційним та деструктивним змінам колагеново-еластинової структури (до 55°C) [11]. Основним недоліком наведеної технології є недостатня міцність когезійних швів у вологому середовищі, що є характерним для переважної більшості ковбасних фаршів, внаслідок чого знижується міцність зчеплення склеєних виключно сушінням шарів плівок і відбувається їх розшаровування.

Доведено ефективність способу отримання склеєних кишкових оболонок завдяки використанню некондиційної сировини, зменшенню собівартості її переробки, урізноманітненню форм та розмірів оболонок та підвищенню їх міцності шляхом формування міцнісних властивостей збільшенням шарів кишкових смуг та напрямом їх розташування [14]. Поряд з цим, питання безпосереднього зміцнення когезійного шва між шарами плівок залишається невирішеним, оскільки запропоновані рішення полягають у 3–5-кратному нарощуванні шарів, збільшенні товщини та кількості використаної кишкової сировини.

В роботі [29] наведено результати дослідження зчеплення відрізків

фабрикатів кишок із застосуванням лазеру, а в роботі [30] – високочастотного струму. Показано, що створюється можливість одержання достатньої міцності з'єднання. При цьому недоліком даного способу є висока вартість використовуваного обладнання, реалізація лише для рукавних відрізків фабрикатів кишок. Залишаються невирішеними конструкційні особливості і раціональні режими апаратів.

У патенті Франції описано рішення, аналогічне традиційному у частині формування когезійного шва. Спосіб виготовлення оболонки для посічених м'ясних виробів, який полягає у виготовленні гнучкої форми за геометричними параметрами оболонки, накладанні на зовнішню поверхню плоских смуг до повного перекриття цієї поверхні, забезпечуючи у подальшому висихання одержаної оболонки. При цьому форму пропонується виготовляти з пластику або текстильного матеріалу, до яких тваринний колаген прилипають достатньою мірою, забезпечуючи легке знімання після висушування. А сама форма при цьому заповнюється певним підтримуючим матеріалом з метою керованої її фіксації [31].

Також пропонується французька патентна розробка способу виготовлення оболонки, призначеної для отримання ковбас і яка складається зі смуг кишки або кишечника тварини, приблизно однакової ширини, розташованих одна над іншою. Зазначений спосіб включає наступні етапи: сушіння ділянок кишки; розрізання сухих ділянок кишки, для отримання шматків переважно прямокутної форми; збирання різних шматків, для отримання не менше двох смуг, що накладаються одна на одну; подальше збирання двох смуг, що накладаються одна на одну, для отримання поздовжньої оболонки; перевертання зазначеної оболонки на себе, яке характеризується тим, що етап перевертання здійснюється з обох сторін порожнистого ядра поздовжнього простягання, передній край якого слугує для підтримки складки оболонки під час перевертання [32]. Дана технологія вирішує технічні операційні завдання із збереженням базових підходів сутності склеювання шарів кишкових плівок.

У патенті США пропонується процес забезпечення міцного з'єднання двох або більше частин натуральної оболонки із використанням трансглютамінази за низьких температур, що дозволяє формувати бажані розміри – форму, довжину та калібр. Трансглютамінази – поширена група ферментів, що каталізують утворення ізопептидних зв'язків. Ця полімеризація і зшивання білків відбувається за рахунок утворення міцних ковалентних зв'язків між молекулами білка. Трансглютамінази вже досить широко використовуються в харчовій промисловості в різних харчових процесах. Стверджується, що зшиті таким чином білки не мають шкідливого впливу і легко засвоюються організмом людини [33].

Розроблено способи та апарати армування склеєних кишкових оболонок тепловою коагуляцією і рослинним дубленням. Встановлено, що досягається збільшення значення розривного навантаження для армуючих швів, отриманих запропонованими способами для плівок, виготовлених з фабрикатів свинячих черев, у 4,0–6,0 рази [34]. Доведено зменшення інтенсивності протікання масообміну смажених ковбасних виробів у армованих склеєних оболонках зі свинячих черев [35]. Поряд з цим, залишаються невизначеними параметри теплової коагуляції та дублення для яловичої та баранячої кишкової сировини, що зумовлено відмінностями хімічного складу, морфології та фізико-хімічних властивостей яловичих, баранячих і свинячих кишок. Напрямок та місце нанесення армуючих швів не співпадає з когезійними швами, а здійснюється за взаємним перпендикулярним перехрестям у поздовжньому напрямі. Крім цього, вказані техніко-технологічні рішення призначені для виготовлення рукавних плівок, тоді як виробництво із кишкової сировини листових плівкових матеріалів багатофункціонального призначення є більш затребуваним завдяки їх полісегментній застосовності у харчовій промисловості.

Виходячи із відомих технологічних принципів одержання склеєних кишкових плівок, їх функціонально-технологічного призначення, що полягає у наданні певній харчовій продукції форми та реалізації захисного

функціоналу, а також враховуючи означені фізичні, хімічні та біологічні аспекти, очевидним є існування обмежень заходів з модифікації їх властивостей під впливом додаткової обробки. Переважну частку цих обмежень пов'язано із забезпеченням (збереженням) необхідних механічних (пружно-пластичних) характеристик, що у практичній технології характеризують еластичність (подовження) та міцність на розривання на етапах наповнення, осаджування та термічної обробки. Звужує такі можливості під час обґрунтування ефективних заходів фізико-хімічного впливу і необхідність дотримання суворих норм безпечності, характерних для харчових продуктів. Основним завданням при цьому, з урахуванням означених обмежень, залишається одержання достатньо міцного когезійного шва. І зумовлюючим чинником цього завдання, по-перше, є природні властивості структури кишкових плівок (здебільшого колагенової) утворювати міцне зчеплення внаслідок висушування, по-друге, оборотність цього зчеплення – фактичне порушення міцності (розшарування) склеєних кишкових плівок під впливом води та тиском внутрішнього вмісту [39].

У вищезгаданих роботах вже наводились приклади реалізації прийомів удосконалення традиційної технології склеєних кишкових плівок шляхом фізико-хімічного впливу на них задля бажаної модифікації механічних властивостей натуральних оболонок.

Це обґрунтовані параметри і режими технологій склеєних кишкових ковбасних оболонок зі свинячих черев, армованих тепловою коагуляцією і дубленням [34; 40–43]. При цьому відмінності колагеново-еластинової структури кишок різної худоби, наприклад, свинячих і яловичих і зокрема черев (як таких, що мають вагомніше виробниче значення внаслідок найбільшої загальної фаршемісткості у комплекті), вимагають диференційованого підходу у реалізації наданих пропозицій з формування міцності когезійного шва склеєних кишкових оболонок з різної сировини [44].

Так, відмінності хімічного складу, морфології та фізико-хімічних властивостей яловичої і свинячої кишкової сировини потребують проведення досліджень з визначення раціональної температури та тривалості теплової коагуляції склеєних яловичих оболонок.

Оскільки забезпечення необхідних значень міцності пов'язано із наявністю достатньої кількості зв'язаного та задубленого колагену на поверхнях, що склеюються, перспективним напрямком удосконалення технології є відповідна підготовка поверхні, що з точки зору біохімічних перетворень може характеризуватись як передгідроліз або частковий (обмежений) гідроліз [45; 46].

Розм'якшення та доступність до кращого склеювання, як передумова формування міцності когезійного шва склеєних кишкових оболонок з яловичої кишкової сировини, можуть бути досягнуті шляхом локальної кислотної обробки. З цією метою можуть бути використані як харчові кислоти (молочна, оцтова, лимонна, щавлева, винна, аскорбінова), так і ті, що використовуються у технології білкових оболонок (сірчана, хлоридна), з подальшим промиванням [47–51].

Серед відомих способів підвищення міцності матеріалів різної природи та щільності увагу викликають конструкційно-технологічні прийоми – профілювання, гофрування, виштамповування та додавання на поверхні інших утворень [36; 37]. Додавання таких ребер жорсткості різних переривань та форм у плівках з колагеновою структурою [38], в площі когезійних швів склеєних кишкових оболонок може бути ефективним з точки зору забезпечення їх заданої міцності.

Перспективним напрямком формування міцності когезійного шва склеєних кишкових оболонок також може бути застосування близького за природою кишок адгезиву, що розташований між шарами склеювальних поверхонь. У поєднанні з конструкційно-технологічними прийомами (профілювання, гофрування, виштамповування тощо), після дублення, такі

шви будуть достатньо міцними для витримування внутрішніх тисків у технології ковбасних виробів різних видів [44].

Поряд з цим, зрощування рукавних плівок, що мають часткові дефекти, набагато ефективніше, з точки зору збереження оболонки та її міцності, без розрізання на відрізки. В цьому випадку доцільнішим є підвертання у складку, з перекриттям пошкодженої ділянки.

З метою зрощування кишок в медичній практиці застосовуються методи тканинної інженерії із використанням колагенових каркасів [52–55]. При цьому біологічна нежиттєздатність нативної структури оброблених кишок і прагнення до необоротного зшивання зумовлюють доцільність пошуку інших шляхів. Оскільки забезпечення необхідних значень міцності пов'язано із наявністю достатньої кількості зв'язаного та задубленого колагену на поверхнях [49; 50; 56–58], ефективним способом підвищення міцності когезійного шва склеєних кишкових оболонок є застосування близьких за природою кишок (споріднених) адгезивних конструктів. Адгезивні конструкти – це серозні плівки та м'язові кишкові плівки (вони залишаються як баластні шари в процесі технологічного оброблення кишок), які розташовуються між поверхнями, що підлягають склеюванню.

В результаті такої конструкційно-технологічної операції, з одного боку, утворюються додаткові адгезійні умови, профілюючи ділянка і відповідно ребро жорсткості, а з іншого, – подвоєння шарів та помітне збільшення товщини когезійного шару. Вказані чинники зумовлюють перегляд параметрів модифікаційного впливу. Зокрема виникає завдання пошуку і запровадження заходів з інтенсифікації дифузії дубильної речовини як зшивального агента склеюваної ділянки рукавної кишкової плівки.

Відомо, що серед низки заходів з інтенсифікації дифузійних процесів, глибоке проникнення у пористу структуру матеріалів різної природи досягається завдяки застосуванню електрофоретичних методів [59–61]. Оскільки, наприклад, танін (як дубильна речовина, зшивальний агент у технології) має негативний заряд [62], то прикладання різниці потенціалів

може сприяти прискоренню дифузії цих частинок в речовину.

Теорія та практичні результати склеювання поверхонь свідчить про значну роль в ефективності процесу притискання [63; 64]. Притискання механічно може покращити міждифузійні процеси когезійних шарів, підданих передгідролізній кислотній обробці, та підвищити якість їх склеювання [65]. При цьому на сьогодні відсутні дані щодо впливу пресувальної дії на міцність склеювання кишкових плівок. А відомі рішення є непридатними з метою використання для кишкового матеріалу внаслідок відмінності його фізичних властивостей.

Все це дає підстави стверджувати, що доцільними є дослідження з удосконалення технології склеєних яловичих оболонок із використанням локальної теплової коагуляції, передгідролізної обробки, адгезивних споріднених конструктив, зшивання дубленням, інтенсифікованим електрофорезом, притискання й дублення когезійних швів, а також розробки пропозицій з конструкційних рішень відповідних пристроїв для реалізації інноваційних технологій.

Очевидно, що формування функціонально-технологічних властивостей плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, як і будь-якої іншої продукції, відбувається під час кожної із технологічних операцій, з яких складається її виготовлення. При цьому, слід відмітити, однією із операцій, які суттєво обумовлюють функціонально-технологічні властивості плівки багатофункціонального призначення, є її сушіння. Під час сушіння волога сировина піддається гідротермічній обробці, яка тягне за собою відповідні зміни у структурі вологої сировини.

Усі види кишкових плівок придатні до висушування і мають певні особливості реалізації процесу через різні хімічний склад та морфологічну структуру тканини. Масова частка води після висушування у сухій кишковій сировині може коливатися в межах 8–15%, що визначає умови зберігання та механічні характеристики сушеної продукції. При цьому рекомендованим діапазоном температури сушіння кишкових плівок є

діапазон 35–50°C, а для склеєних кишкових плівок – 35–60°C, що зумовлено можливістю денатурації білкової компоненти і, як наслідок, погіршення еластичності. Виходячи з цього, процес сушіння склеєних кишкових плівок має обґрунтовуватись і з точки зору їх функціонально-технологічних властивостей, серед яких важливим є збереження первинної нативної структури з метою забезпечення характерних пружно-еластичних властивостей, і з точки зору забезпечення міцності когезійного шва [66].

Вивченню процесів сушіння кишкових плівок та склеєних кишкових плівок приділена достатня увага, однак на сьогодні практично відсутні систематизовані результати досліджень щодо раціональних режимів та параметрів сушіння у технології кишкових плівок зі зміцненим когезійним швом та вплив параметрів сушіння на функціонально-технологічні властивості цієї продукції. Це обумовлює актуальність зазначених досліджень.

1.4. Безпечність натуральних ковбасних оболонок

Запровадження та стабільне підтримування безпечного виробництва і використання натуральних ковбасних оболонок на підприємствах м'ясної промисловості є одним з найголовніших завдань. У цьому підрозділі буде зосереджено увагу на світових практиках та рекомендаціях, отриманих останнім часом та висвітлених у доступних джерелах [67–78]. Цінність наведених даних для нашого дослідження полягає, крім всього іншого, у визначенні переваг та пріоритетності використання солоної та сухої кишкової продукції з позиції забезпечення її безпечності.

Основні ризики у контексті безпечності натуральних ковбасних оболонок пов'язані із їх мікрофлорою. Мікробіологічні рекомендації щодо солоних натуральних оболонок, що надходять на м'ясопереробні підприємства (вхідний контроль), згідно із практичним посібником

співтовариства з питань гігієни та застосування принципів HACCP у виробництві натуральних оболонки для ковбас [15], наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Мікробіологічні рекомендації щодо солоних натуральних оболонки, що надходять на м'ясопереробні підприємства

	Повністю прийнятно, КУО/г	Максимальне значення, КУО/г	Джерело
Загальне мікробне число	$<1,0 \times 10^5$	$5,0 \times 10^6$	ISO 4833
Enterobacteriaceae	$<1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^4$	ISO 21528-2
Staphylococcus aureus	$<1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	ISO 6888-1
Clostridium perfringens	$<1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	ISO 7937
Bacillus cereus	$<1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	ISO 7932

Серед біологічних небезпек у виробництві натуральних оболонки становити загрозу безпеці харчових продуктів можуть низка бактерій, вірусів та паразитів: бактерії – *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*; всі віруси та пріонові хвороби; серед паразитів – *Toxoplasmosis*. Відповідні хімічні небезпеки (хімічні сировинні залишки – гербіциди, пестициди та інсектициди, діоксини, токсичні метали, антибіотики, гормони, меламін, а також контамінанти виробничого процесу – поліциклічні ароматичні вуглеводні, нітрати та нітрити, важкі метали, барвники, мастильні матеріали, засоби для чищення та дезінфекції, охолоджуючі рідини, токсини з пакувальних матеріалів) не становлять відчутних загроз для натуральних оболонки. Під час обробки натуральних оболонки слід враховувати кілька фізичних небезпек. У кишечнику виключається природна наявність кісток, будь-яке потрапляння яких до натуральних оболонки має бути виявлено та усунено під час обробки [76]. Шкідники та їх екскременти також є потенційним джерелом фізичного забруднення. Недостатня гігієна персоналу або відвідувачів може спричинити забруднення продукції (волоссям тощо). Чужорідні предмети (наприклад, скло, дерево, метал) є потенційно шкідливими, і через використання чужорідних предметів у виробничій зоні існує ймовірність

забруднення. Сіль, що використовується для переробки натуральних оболонкок, є харчовою і тому малоймовірно, що вона містить дрібні камінці та пісок.

Небезпеки у виробництві натуральних оболонкок	
Помірний ризик, що вимагає попереджувальних заходів контролю (ПЗК)	Високий ризик, що вимагає критичної точки контролю (КТК)
ПЗК1. Процедура очищення та дезінфекції	КТК1. Видалення специфічного матеріалу ризику (<i>Specified Risk Material, SRM</i>) під час витягування кишок. Клубова кишка дрібних жуйних тварин, останні чотири метри тонкого кишечника, сліпа кишка, брижа кишкового тракту ВРХ, а також вміст кишок визначені як SRM.
ПЗК2 Боротьба зі шкідниками	КТК2. Соління. Мікробіологічне забруднення натуральних оболонкок відповідно до матриці ризиків є ризиком високого рівня. Ця небезпека усувається шляхом соління. Тому соління (сухе та мокре) є критичною контрольною точкою. Результатом сухого соління під час інспекції на очищених натуральних оболонках повинні бути наявні видимі кристали солі для забезпечення достатнього насичення. Концентрація солі в розсолі повинна становити щонайменше 22 °Боме.
ПЗК3. Гігієна співробітників/відвідувачів	
ПЗК4. Суворе розділення продуктів	
ПЗК5. Сторонні предмети	КТК3. Тривалість соління. Окрім правильного соління (КТК2), тривалість соління також має велике значення для усунення можливого мікробіологічного забруднення. Оболонки повинні бути засолені NaCl (сухою сіллю або насиченим розсолом) протягом безперервного періоду щонайменше 30 днів до їх відправлення виробникам ковбас. Цей 30-денний період може розпочинатися одразу після засолювання натуральних оболонкок під час операції очищення та може включати будь-який період зберігання або транспортування перед їх остаточним відвантаженням виробникам ковбас. Однак можливий ризик не стане очевидним для споживача, оскільки натуральні оболонки зазвичай не споживаються як такі, а використовуються для виробництва ковбас. Тому ця КТК застосовується на етапі сортування або розподілу, а не на етапі очищення.
ПЗК6. Технічні положення (будівля та обладнання)	
ПЗК7. Якість води	КТК4. Сушіння. Шлунки, сечові міхури та певні частини кишечника після їх отримання та очищення з метою усунення небезпеки мікробіологічного забруднення, їх консервування та зберігання можуть бути піддані сушінню. Параметри і режими сушіння мають бути такими, щоб забезпечити кінцевий вміст вологи в межах 8–15%.
ПЗК8. Температура зберігання	КТК5. Зберігання. Натуральні оболонки залежно від способу консервування мають зберігатись із суворим дотриманням відповідних температур, вологісних режимів та термінів.

Рисунок 1.3 – Класифікація і розподіл небезпек у виробництві натуральних оболонкок

Усі біологічні, хімічні та фізичні чинники небезпеки у виробництві натуральних оболонок оцінено згідно із матрицею ризиків та «Деревом рішень для ідентифікації критичних точок контролю (КТК)». Залежно від ступеня небезпеки та ймовірності виникнення, небезпеки класифіковано та розподілено, як помірний ризик, що вимагає попереджувальних заходів контролю – ПЗК, або високий ризик, що вимагає критичної точки контролю – КТК, згідно із даними [15], а також із доповненнями в частині сухих кишкових фабрикатів (рис. 1.3) [79; 80].

1.5. Зшивання колагену кишкової сировини та забезпечення необоротності його властивостей

Підслизовий шар кишок являє собою щільну сполучну тканину, що складається переважно з колагену I та III типів у вигляді циліндричних пластин [27; 38; 81–88]. Колаген є основним волокнистим компонентом багатьох типів сполучної тканини. Цей шар забезпечує структурну цілісність стінки кишечника і дозволяє проходити кровоносним судинам, лімфатичним судинам і нервам. Структурна будова підслизової оболонки дозволяє їй розширюватися і скорочуватися в залежності від різних навантажень під час перистальтики кишечника [89–98]. Відмінною особливістю колагену є унікальна структура з трьома паралельними молекулами проколагену (α -пептидами або α -ланцюгами), кожна з яких має лівобічну спіральну конформацію, об'єднану для утворення правобічної потрійної спіралі зі зсувом між сусідніми α -ланцюгами [21; 99; 100].

Відомо, що колаген забезпечує визначальну роль у формуванні механічних властивостей тканин, при цьому останні залежать від кількості присутнього колагену, його структурного розташування, характеру поперечних зав'язків між колагеновими фібрилами [99; 101] і діаметра фібрил [102; 103]. Була показана кореляція між індексом орієнтації колагенових фібрил (ступенем вирівнювання) у площині матеріалу (фібрили,

розташовані в плоских шарах) і міцністю тканини для дермальних тканин і перикарда [99; 104–106]. Поряд з цим, як було вказано вище: 1) на підставі досліджень структури натуральних ковбасних оболонок, основою яких є підслизовий шар кишок великої рогатої худоби, свиней та овець, із використанням малокутового рентгенівського розсіювання (SAXS) на синхротроні, встановлено, що колаген цих оболонок розташований у високих плоских шарах та має подібну структуру у всіх трьох видів вказаних тварин; цими ж авторами також доведено, що яловичі оболонки товщі за свинячі, які у свою чергу товщі за баранячі, і їх міцність пропорційна товщині [21]; 2) на підставі визначення вплив віку тварин на взаємозв'язок між сполучною тканиною та механічними властивостями натуральних кишок показано, що висока термічна та структурна стабільність колагену у старих тварин може сприяти покращенню механічних властивостей кишок [20].

Зшивання колагену, як метод покращення та стабільності його волокон в результаті внутрішнього ковалентного та міжмолекулярного зв'язування, досліджено досить широко. Одержані теоретичні та експериментальні результати охоплюють, здебільшого, харчову промисловість та пакувальну індустрію [89; 107–122], шкіряне виробництво [123–130], біомедичні інновації [131–138].

Очевидно, що фізичний та хімічний методи є набагато поширеніші. Поряд з цим, традиційні фізичні та хімічні методи, порівняно із активним залученням у інновації харчових технологій, доволі обмежено згадуються у розробках біомедичних матеріалів на основі колагену, для яких характерні методи модифікації бічного ланцюга, іммобілізації фізіологічно активних речовин [139; 140]. Порівнюючи фізичне і хімічне зшивання, слід зазначити, що за ступенем модифікації та зшивання, їх однорідністю та ефективністю хімічні методи переважають фізичні, що надає хімічним методам переваг з точки зору більших можливостей в управлінні процесом та точності корегування [141; 142].

Методи зшивання колагену	Сутність та окремі приклади одержаних результатів
Фізичні	
<i>Ультрафіолетове зшивання</i>	Опромінення УФ-променями. В результаті відбувається зшивання колагенових каркасів, міцність якого залежить від ступеня обробки та необхідності збереження біологічної функціональності [143].
<i>Радіаційне зшивання</i>	Опромінення λ -променями. В результаті відбувається втрата і дестабілізація нативної конформації, ущільнення та зшивання колагену, ступінь якого пов'язано із безпечністю використання [144].
<i>Дегідратаційне зшивання</i>	Сушіння до суттєвої дегідратації («постійної маси»). В результаті відбувається поперечне зшивання молекул колагену шляхом зневоднення, що спричиняє підвищення температури денатурації, зниження розчинності у воді та поліпшує властивості колагену [43].
<i>Термічне зшивання</i>	Завдання теплового впливу, що значно перевищує температурні умови зневоднення. В результаті відбувається коагуляція, розплавлення, глибокі дифузійні процеси деструктивного колагену, що забезпечує міцний необоротний зв'язок [40; 89; 107].
<i>Фототермічне зшивання</i>	Завдання фототермічного впливу лазером. В результаті відбувається ущільнення колагенових волокон та формується їх міцне та стабільне зчеплення [29; 30].
Хімічні	
<i>Зшивання хімічними реагентами</i>	Обробка хімічними зшивальними агентами. В результаті використання низки дубителів різного походження (рослинних, мінеральних, синтетичних та жирових) доведено ефективно зшивання, завдяки чому утворюються поперечні зв'язки, що формують міцну сітчасту структуру, знижується водопоглинання та набрякання, набуваються необоротні механічні властивості [145–148]

Рисунок 1.4 – Практично використовувані та потенційно перспективні методи зшивання колагену для харчової промисловості та пакувальної індустрії

Аналіз методології зшивання колагену дозволив узагальнити її традиційні практичні та потенційно перспективні напрями, що пов'язані із природою завданого впливу, для харчової промисловості та пакувальної індустрії (рис. 1.4). Головним кінцевим результатом зшивання колагену є формування та набуття бажаних функціонально-технологічних властивостей матеріалу завдяки модифікаційним заходам і змінам.

В удосконаленні технології склеєних кишкових оболонок основним завданням в даній роботі поставлено досягнення міцного та необоротного зчеплення шарів плівок з яловичої сировини, що може бути досягнуто зазначеними методами зшивання. При цьому характер та діапазон можливого завданого впливу має не погіршувати рівня безпечності модифікованої продукції.

Висновки до розділу 1

1. Середньорічний темп підвищення обсягу ринку ковбасних оболонок становить 3,5%, що зумовлено збільшенням їх затребуваності як функціональних ємностей для зростаючих обсягів виробництва харчової продукції. Світові виробники ковбасних оболонок приділяють значну увагу інноваціям з удосконалення технологій, розширення асортименту, економії ресурсів та формування якості та безпечності своєї продукції з метою задоволення кінцевого споживача та отримання економічного ефекту.

Домінування на ринку сегменту саме натуральних оболонок залишається незмінним. Поряд з цим, потребують вирішення характерні для сучасного ринку труднощі, пов'язані з нестачею кишкової сировини, необхідністю забезпечення її якості та суворого контролю безпечності, нестабільністю калібрів та довжини натуральних ковбасних оболонок. Властиві кишковій сировині прижиттєві функції та дефекти, дефекти технологічної обробки, мікробіологічна специфічність, епізоотичні чинники, погіршення механічних властивостей оболонок в результаті зменшення вікових термінів досягнення забійної маси за інтенсифікації тваринництва додають проблематики та актуальності необхідності

її комплексного вирішення. Означені чинники зумовлюють утворення зовеликої частки відходів у процесі обробки кишок та їх використання у ковбасних виробництвах (сумарно до 30%), що може бути раціонально використана у харчових технологіях з метою одержання доданої вартості.

2. Висвітлено визначальні чинники обґрунтування інноваційних підходів до удосконалення технологій натуральних оболонок, зокрема формування захисних властивостей і безпечності склеєних кишкових плівок, – особливості морфологічної будови, анатомо-фізіологічних функцій частин кишечника, пов'язаних з ними операцій та сутності технологічного оброблення (зокрема диференціації видалення баластних оболонок).

Залежно від особливостей будови та характеру використання кишок до баластних оболонок належать слизова, серозна та м'язові оболонки. Підслизова залишається у всіх випадках. Необхідність видалення баластних оболонок під час обробки кишок до фабрикату визначається для слизової – її схильністю до швидкого гнилісного розпаду внаслідок зовеликої кількості мікрофлори, морфологічною структурою, для серозної – залежить від міцності підслизової та міцності з'єднання серозної оболонки зі стінками кишок, для м'язової – залежить від товщини (видаляється за зовеликої товщини, яка значно більша за товщину підслизової), або якщо вона неміцно з'єднана з підслизовою оболонкою.

Результати теоретичного аналізу відомих даних свідчать, що вирішальне значення у формуванні функціонально-технологічних властивостей кишкових оболонок має товщина підслизового шару, представленого переважно колагеном. В додаток до цього, забійний вік тварин визначає термічну та структурну стабільність колагену, що полягає у покращенні механічних властивостей кишок у разі більш тривалих термінів годівлі до забою тварин.

3. Аналіз концептуальних підходів та розвитку інновацій одержання склеєних кишкових плівок як складової ресурсозбереження та ощадливого виробництва дозволив визначити, що доцільними є дослідження з удосконалення технологій із використанням локальної теплової коагуляції, передгідролізної обробки, адгезивних споріднених конструктів, зшивання дубленням,

інтенсифікованим електрофорезом, притискання й дублення когезійних швів, додавання на поверхні шва утворень (ребер жорсткості), а також з розробки пропозицій з конструкційних рішень відповідних пристроїв для реалізації інноваційних технологій.

4. На підставі узагальнення світових практик та рекомендацій застосування принципів НАССР у виробництві натуральних оболонок для ковбас, зокрема аналізі відповідних біологічних, хімічних та фізичних небезпек, показано, що основні ризики у контексті безпечності натуральних ковбасних оболонок пов'язані із їх мікрофлорою.

З урахуванням фізичного (сухого) стану готових склеєних кишкових плівок, показано переваги та недоліки використання солоної та сухої кишкової продукції з позиції забезпечення її безпечності як у зберіганні, так і у використанні в технології ковбасних виробів.

5. Узагальнено основні відомості про зшивання колагену, як методу покращення та стабільності його волокон в результаті внутрішнього ковалентного та міжмолекулярного зв'язування. Показано, що ці дослідження досить широко висвітлено у науковій та практичній літературі, охоплюють більшою мірою харчову промисловість та пакувальну індустрію, шкіряне виробництво та біомедичні інновації.

Аналіз практично використовуваних та потенційно перспективних методів зшивання колагену дозволив узагальнити її напрями, що пов'язані із природою завданого впливу, для харчової промисловості та пакувальної індустрії. Визначено, що головним кінцевим результатом зшивання колагену є формування та набуття бажаних функціонально-технологічних властивостей матеріалу завдяки модифікаційним заходам і змінам. В удосконаленні технології склеєних кишкових оболонок основним завданням в даній роботі поставлено досягнення міцного та необоротного зчеплення шарів плівок з яловичої сировини, що може бути досягнуто зазначеними методами зшивання. При цьому характер та діапазон можливого завданого впливу має не погіршувати рівня безпечності модифікованої продукції.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ, МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПОСТАНОВКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт, предмети і матеріали досліджень

Об'єкт дослідження – технології склеєних кишкових плівок із яловичої сировини з використанням методів фізичного і хімічного зшивання та м'ясних продуктів з їх застосуванням.

Предмет дослідження – залишки некондиційної яловичої кишкової сировини, отримані під час виготовлення та використання у ковбасному виробництві фабрикатів яловичих черев, серозні плівки (отримувані в результаті технологічної обробки свинячих кишок), склеєні кишкові плівки (листові та рукавні – ковбасні оболонки), танін, харчові кислоти (оцтова, лимонна, молочна), функціонально-технологічні властивості кишкових плівок та ковбасних оболонок; смажені м'ясні продукти; кількісні та якісні показники технології смажених м'ясних продуктів.

Матеріали досліджень:

- фабрикати яловичих черев за ДСТУ 4285;
- серозні плівки, отримувані в результаті технологічної обробки свинячих кишок;
- кислоти харчові: оцтова – за ДСТУ ДСТУ EN 13189; лимонна – за ДСТУ ГОСТ 908; кислота молочна – ДСТУ 4621;
- танін харчовий за Державною фармакопеею України (2015, ФС 42-2217);
- вода питна за ДСТУ 7525;
- водні розчини таніну харчового;
- водні розчини харчових кислот (оцтової, лимонної, молочної);
- модельні зразки склеєних кишкових плівок, виготовлені з черев яловичих та оброблені запропонованими складами і способами.

2.2. Методи досліджень

Міцність шва між шарами зразків склеєних кишкових плівок, отриманих фізичним та хімічним зшиванням, визначали за методикою та установкою, що наведені у роботі [34].

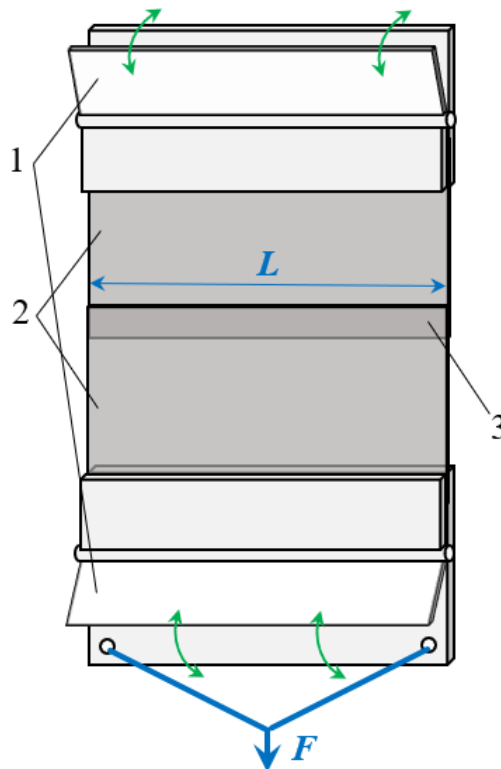


Рисунок 2.1 – Принципова схема пристрою для дослідження міцності шва склеєних кишкових плівок:

- 1 – тримачі-затискачі;
- 2 – шари кишкових оболонок, що підлягають склеюванню;
- 3 – шов

Установка складається з двох тримачів-затискачів (1), між якими закріплюється досліджуваний зразок (2), міцність шва (3) якого досліджується [149].

Досліджуваний зразок 2, який являє собою два шари кишкових плівок, склеєних між собою, закріплюють між тримачами-затискачами (1). Далі один із тримачів затискачів жорстко фіксують, а до другого прикладають змінну силу у напрямку розтягання досліджуваного зразка, закріпленого між ними.

Закріплюють досліджуваний зразок так, щоб прикладена сила була перпендикулярна до лінії шва. Силу поступово збільшують. Дослідження завершується за умови розриву або розшарування шва (3) між шарами кишкових оболонок. При цьому фіксується граничне значення сили, за якої відбувся розрив або розшарування шва.

Таким чином, розривним навантаженням (P) вважали значення навантаження, за якого відбувалось розривання когезійного шва між шарами склеєної кишкової плівки. Одержаний результати нормувався за довжиною шва:

$$P = \frac{F}{l}, \quad (2.1)$$

де F – сила, яку створює навантаження, Н;

l – довжина шва, м.

Дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки здійснювали за запропонованою методикою [150; 151].

Під час визначення вимог до конструкційних особливостей апарату для отримання ковбасних оболонок існувала необхідність визначення способу зшивання, за якого витікання наповнення для ковбасних виробів буде відсутнім або малим порівняно із загальною масою виробу (<5%). Сировина для наповнення ковбасних виробів є гетерогенною – складається із різних за плинністю фракцій. Виходячи з цього, зроблено припущення, що першою буде витікати фракція сировини, яка є найбільш плинною. Тобто, якщо ця фракція наповнення для ковбасних виробів не витікає через шов ковбасної оболонки, то витікання для інших фракцій, які мають меншу плинність, не буде відбуватися. Саме із використанням цієї фракції проводили дослідження щодо її протікання через шов між зразками кишкових оболонок на установці, наведеній на рис. 2.2.

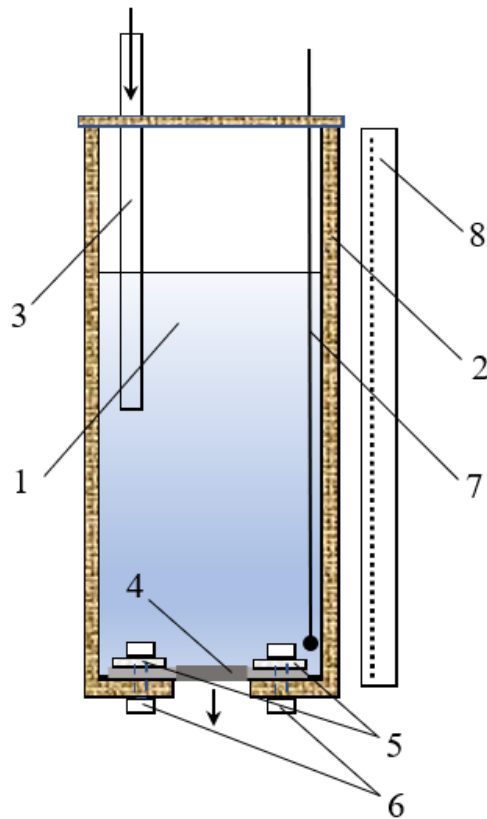


Рисунок 2.2 – Схема установки для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки:

- 1 – ємність прямокутного перерізу;
- 2 – термостатувальна оболонка;
- 3 – трубка для введення рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів;
- 4 – зразок зшитої ковбасної оболонки (шов позначений темно-сірим кольором);
- 5 – притискувальні пластини;
- 6 – затискачі;
- 7 – термопара;
- 8 – лінійка.

Фракцію наповнення для ковбасних виробів, яка має найбільшу плинність, отримували шляхом центрифугування вихідної сировини, попередньо нагрітої до температури 60°C.

Методика дослідження витікання фракції наповнення для ковбасних виробів, яка має найбільшу плинність, через шов зшитої ковбасної оболонки полягає у наступному. В дослідженні використовується рідка фракція, що являє собою різнорідну за складом і, як наслідок, властивостями речовину. Її слід вважати білково-жировою емульсією, чистота якої у високому ступені визначається способом відділення. Теоретичне оцінювання плинності такої системи має суттєві складності, тому в дослідженні використовується емпіричний метод.

Установка для проведення дослідження являє собою ємність прямокутного перерізу (1 з рис. 2.2), в нижній частині якої є поздовжня щілина. Введення відділеної від наповнення для ковбасних виробів рідкої фракції (далі – рідкої фракції) можливе через трубку 3, а витікання – через поздовжню щілину в нижній частині ємності. Перед введенням рідкої фракції в ємність щілину щільно закривають зразком досліджуваної зшитої ковбасної оболонки 4 за допомогою притискувальних пластин 5, паралельних щілині, та затискачів 6. Зразок зшитої ковбасної оболонки розміщують так, щоб шов знаходився безпосередньо над щілиною. Тобто витікання рідкої фракції можливе лише через цей шов.

Далі ємність заповнюють рідкою фракцією до визначеного рівня, який контролюють за лінійкою 8 через фронтальну стінку установки, виконану із органічного скла. Після цього візуально стежать за наявністю витікання рідкої фракції через шов зразка ковбасної оболонки 4 протягом 10–15 хв. Якщо витікання протягом визначеного часу не спостерігається, дискретно збільшують рівень рідкої фракції. Якщо витікання зафіксоване, то експеримент завершують. При цьому записують значення висоти рідини за лінійкою 8, за якої це витікання фіксується. Витікання вважалось значимим,

якщо за час 10–15 хв. через шов довжиною 200 мм витікало більше 15 г рідкої фракції.

Очевидно, плинність будь-якої рідини через отвори різного поперечного перерізу визначається її реологічними властивостями і, в першу чергу, поверхневим натягом та ефективною в'язкістю рідини. Поверхневий натяг та ефективна в'язкість змінюються з температурою і, як наслідок, зі збільшенням температури плинність збільшується. Виходячи з цього, дослідження проводились за температури рідкої фракції від 55°C до 60°C.

Цей діапазон температур обраний із наступних міркувань. Рідка фракція наповнення для ковбасних виробів являє собою систему, наближену за властивостями до білково-жирової емульсії. Основна частина жиру при цьому має тваринне походження, плавлення якого відбувається за температури менше 60°C. У той же час, коагуляція білків, яка буде зменшувати плинність рідкої фази через утворення в ній згорнутих білків, відбувається за температури, вищої за 60°C. Таким чином, найбільша плинність рідкої фази буде саме за обраного температурного діапазону, тобто від 55°C до 60°C. Слід відмітити, що раціональним є дослідження витікання через ковбасну оболонку рідкої фази з найбільшою плинністю, оскільки саме це визначає втрати сировини під час наповнення та подальших технологічних операцій виготовлення ковбасних виробів.

Враховуючи залежність плинності рідкої фази від її температури, ємність прямокутного перерізу 1 розміщували в термостатувальну оболонку 2 (рис. 2.2). Стінки термостатувальної оболонки містять нагрівальні елементи, які дозволяють підтримувати температуру рідкої фази всередині ємності в діапазоні від 55°C до 60°C. Контроль за температурою здійснювали за допомогою термопари 7.

Результатом вимірювання є залежність висоти стовпа або гідростатичного тиску рідкої фази наповнення для ковбасних виробів, за якої витікання вважалось значимим, від характерної особливості способу зшивання ковбасної оболонки.

Водопоглинання X (%) кишкових плівок визначали як

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

де m_1 – маса зразку перед зануренням у розчин, г;

m_2 – маса зразку після експозиції у розчині, г.

Час експозиції зразків у розчинах кислот складав 2,0–12,0 год., температура – $23 \pm 2^\circ\text{C}$ (ГОСТ 4650).

Дослідження процесу сушіння склеєних кишкових плівок із кишкової сировини проводили з використанням експериментального стенду, який наведено на рис. 2.3.

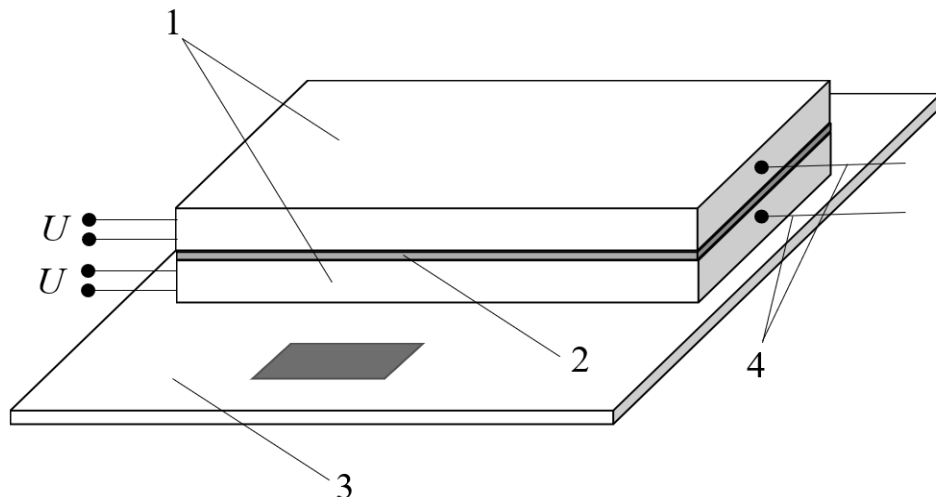


Рисунок 2.3 – Експериментальний стенд для дослідження процесу кондуктивного сушіння плівки із кишкової сировини:

1 – нагрівальні поверхні;

2 – волога плівка;

3 – ваги;

4 – термопари

Кінетику вологовмісту сировини та кінетику швидкості сушіння визначали наступним чином. Зразок вологої плівки 2 розміщували між

нагрівальними поверхнями 1, що знаходяться на вагах 3. Змінюючи напругу на джерелі живлення нагрівальних поверхонь, обирали визначену температуру сушіння. Контроль за значенням температури сушіння здійснювався з використанням термопар 4. Далі фіксували масу зразка через певні проміжки часу та розраховували поточний вологовміст. Вимірювання проводили до досягнення зразком постійного вологовмісту.

Поздовжня деформація та нормальне напруження для побудови діаграми пружності склеєних кишкових плівок, отриманих сушінням за різної температури, визначались експериментально з використанням установки, наведеної на рис. 2.4.

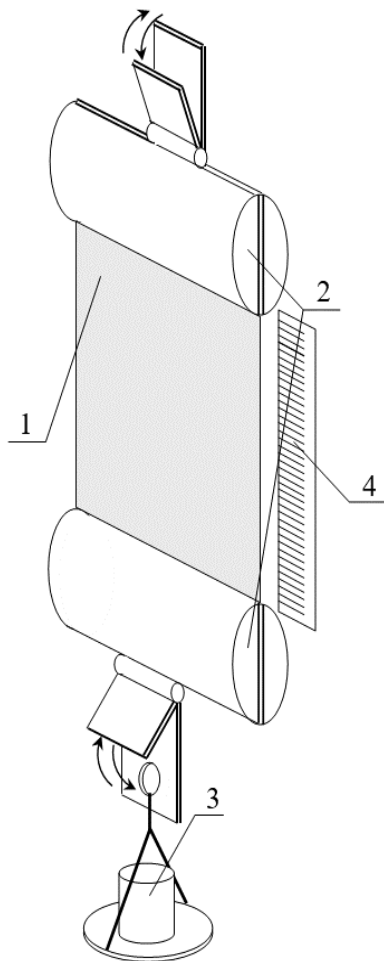


Рисунок 2.4 – Схема установки для дослідження пружно-пластичних властивостей багатофункціональної плівки із кишкової сировини:

- 1 – досліджуваний зразок;
- 2 – тримач-затискач;
- 3 – змінне навантаження;
- 4 – лінійка

Поздовжню деформацію ε розраховували за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (2.3)$$

де l – вихідна довжина зразка, м;

Δl – зміна довжини зразка, м.

Нормальне напруження розраховували як силу F , що діє на одиницю площі поперечного перерізу зразка S зразка:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{d \cdot h}, \quad (2.4)$$

де m – маса змінного навантаження, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

d – товщина досліджуваної кишкової плівки, м;

h – ширина досліджуваної кишкової плівки, м.

Міцність на розривання та відносне подовження під час розтягування плівок визначали також за ГОСТ 14236 на розривній машині типу РТ-250, що мала фіксуючу шкалу подовження та шкалу навантажень.

Для вивчення сорбції зразків сушеної продукції використовували тензометричний метод. Досліджувані зразки поміщали в ексикатори з фіксованим значенням відносної вологості повітря φ із діапазону від 10% до 90%. Всі ексикатори витримувались за постійної температури навколишнього середовища протягом вимірів (20–25°C). Тривалість перебування продукту в ексикаторі визначалась досягненням зразком постійної маси. Результатом дослідження є значення вологовмісту зразка (w) за відповідної відносної вологості повітря в ексикаторі (φ).

Масову частку води визначали за ДСТУ ISO 1442 контрольним методом, сутність якого полягає у висушуванні досліджуваної проби до постійної маси у сушильній шафі за температури (103±2)°C, розраховуючи значення у відсотках за масою як відношення втраченої маси до маси досліджуваної проби.

Товщину склеєних кишкових плівок визначали мікрометром (ГОСТ 6507).

Паро- та водопроникність склеєних кишкових плівок визначали за різницею маси герметично з'єднаних частин пристрою, одна з яких була наповнена водою, а мембраною між цими частинами слугувала кишкова плівка, що була дном або верхньою частиною пристрою, протягом 24 год. витримки в ексикаторі із сірчаною кислотою, із перерахунком на площу досліджуваного зразка (ГОСТ 7730). Розрахунок здійснювали за формулою:

$$D = \frac{G_1 - G_2}{S}, \quad (2.5)$$

де D – паро або водопроникність, кг/м² за 24 год.;

G_1 – початкова маса приладу з водою, кг;

G_2 – маса приладу після витримування в ексикаторі, кг;

S – площа плівки, м².

Вихід готових м'ясних продуктів визначали за співвідношенням маси напівфабрикату та готового продукту (у відсотках).

Органолептичні показники м'ясних продуктів визначали за ДСТУ 4823.1 та ДСТУ 4823.2. Бальну оцінку здійснювали за п'ятибальною шкалою.

Напругу зрізу м'ясних продуктів визначали на пристрої ПМ-3 конструкції А.С. Большакова, А.К. Фоміна. Метод заснований на вимірюванні тиску, що необхідний для руйнування зразка ножем шляхом зрізу в камері постійного об'єму. Механічне зусилля, що необхідне для зрізу зразка, передається тензобалці й фіксується через тензодатчик.

Масову частку кухонної солі (хлориду натрію) визначали у відсотках за масою, згідно із ДСТУ ISO 1841-2, методом, сутність якого полягає в диспергуванні досліджуваної проби, підкисленні кратної частини суспензії та виконанні потенціометричного титрування розчином нітрату срібла з використанням срібного електрода.

Масову частку білку визначали у відсотках за масою, згідно із ДСТУ ISO 937, використовуючи контрольний метод визначання вмісту азоту у м'ясі та м'ясних продуктах. Сутність методу полягає у спалюванні досліджуваної порції концентрованою сірчаною кислотою з використанням сульфату міді (II) як каталізатора для перетворювання органічного азоту на іони аміаку, підлучуванні, переганянні вивільненого аміаку до надлишку розчину борної кислоти, титруванні соляною кислотою для визначення аміаку, зв'язаного борною кислотою, та обчисленні вмісту азоту у пробі, виходячи з кількості відігнаного аміаку.

Масову частку жиру визначали у відсотках за масою, згідно із ДСТУ ISO 1443, контрольним методом визначання загального вмісту жиру у м'ясі та м'ясних продуктах. Сутність методу полягає у кип'ятінні досліджуваної проби з розведеною соляною кислотою до вивільнення зв'язаних та незв'язаних ліпідних фракцій, фільтруванні отриманої маси, сушінні та екстрагуванні жиру, який залишився на фільтрі, за допомогою *n*-гексану або петролейного ефіру.

Мікробіологічні показники безпечності визначали за ГОСТ 10444.15, ГОСТ 10444.2, ГОСТ 7702.2.2, ГОСТ 7702.2.3, ГОСТ 10444.12.

Кратність досліджень в роботі – не менше 5.

Обробка отриманих експериментальних даних проводилась за допомогою пакетів програм MS Excel та Mathcad, що містять широкий спектр процедур для рішення завдань статистичного аналізу, а, саме, інтерполяції, згладжування, регресійного та кореляційного аналізу.

Отримання інформації про всю сукупність включало обчислення таких числових характеристик генеральної сукупності: вибірка середня статистична; вибірка статистична дисперсія; вибіркве середньоквадратичне відхилення.

Похибка середньої арифметичної величини значень досліджуваних показників не перевищувала 5% за $p \leq 0,05$.

Дослідження проводились у лабораторіях кафедри технології м'яса, кафедри фізики та математики, Державного біотехнологічного університету. Окремі дослідження проводились на базі ДП «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації».

Апробацію техніко-технологічних рішень з удосконалення технології склеєних кишкових плівок з яловичої сировини різного призначення було здійснено на виробничих площах ТОВ «Фламінго 2017» (м. Богодухів, Харківська обл.), ТОВ «Капс Фуд Системс» (м. Дергачі, Харківська обл.), ТОВ «Дромам'ясо» (м. Харків).

2.3. Планування та постановка теоретичних і експериментальних робіт, мета і завдання досліджень

Задля забезпечення послідовності виконання дисертаційної роботи розроблено загальний план, що включає теоретичне обґрунтування доцільності інновацій, програму експериментальних досліджень, зокрема їх організацію, постановку та проведення, аналіз результатів експериментальних досліджень, обґрунтування одержаних техніко-технологічних рішень, формулювання та узагальнення висновків, підготовку одержаних результатів та матеріалів до публікації, а також заходи з упровадження результатів дослідження у виробництво та освітній процес (рис. 2.5).

Теоретичне обґрунтування роботи включало вивчення таких питань:

- аналіз сучасного розвитку ринку ковбасних оболонок та чинників впливу на сегментаційні зміни у їх виробництві та використанні;
- узагальнення та аналіз технологічних аспектів виробничої обробки, фізичних, хімічних та біологічних відмінностей кишкової сировини як чинників формування інноваційних підходів у вдосконаленні їх технологій;
- аналіз концептуальних підходів та розвитку технологій склеєних кишкових плівок як складової ресурсозбереження та ощадливого виробництва;

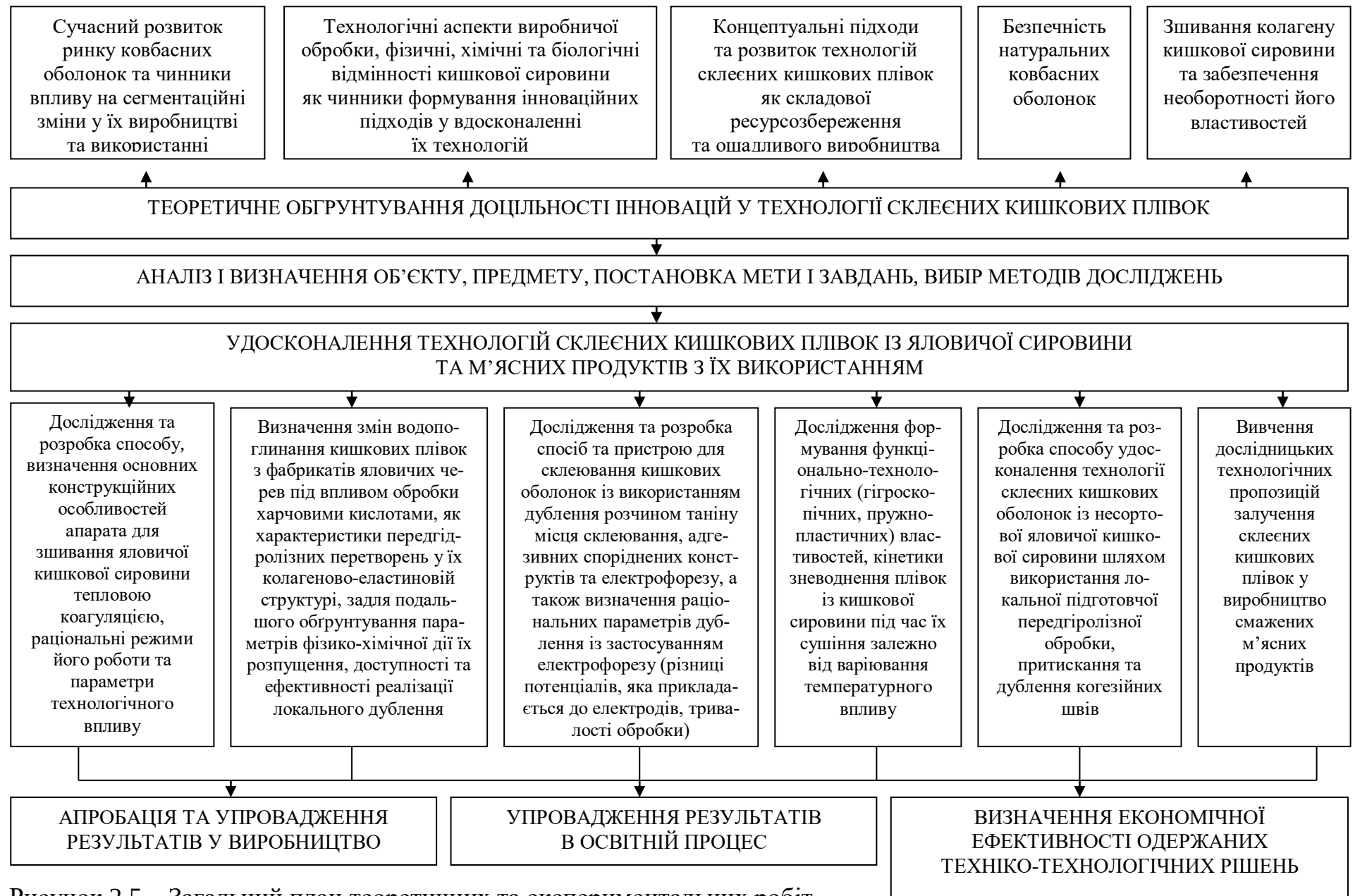


Рисунок 2.5 – Загальний план теоретичних та експериментальних робіт

– узагальнення наукових теорій та практичних рішень у зшиванні колагену кишкової сировини та забезпеченні необоротності його властивостей.

На підставі узагальнення теоретичних даних сформульовано мету і завдання експериментальних досліджень.

Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини фізичним та хімічним зшиванням та м'ясних продуктів з їх використанням.

Для досягнення мети необхідно було вирішити низку взаємопов'язаних завдань:

- теоретично обґрунтувати доцільність техніко-технологічних інновацій у технології склеєних кишкових плівок з яловичої сировини;
- дослідити та розробити спосіб, визначити основні конструкційні особливості апарата для зшивання яловичої кишкової сировини тепловою коагуляцією, раціональні режими його роботи та параметри технологічного впливу;
- визначити зміни водопоглинання кишкових плівок з фабрикатів яловичих черев під впливом обробки харчовими кислотами, як характеристики передгідролізних перетворень у їх колагеново-еластиновій структурі, задля подальшого обґрунтування параметрів фізико-хімічної дії їх розпущення, доступності та ефективності реалізації локального дублення;
- дослідити та розробити спосіб удосконалення технології склеєних кишкових оболонок із несортової яловичої кишкової сировини шляхом використання локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення когезійних швів;
- дослідити та розробити спосіб та пристрій для склеювання кишкових оболонок із використанням дублення розчином таніну місця склеювання, адгезивних споріднених конструктів та електрофорезу, а також визначити раціональні параметри дублення із застосуванням електрофорезу (різницю потенціалів, яка прикладається до електродів, тривалість обробки);

- дослідити формування функціонально-технологічних (гігроскопічних, пружно-пластичних) властивостей, кінетики зневоднення плівок із кишкової сировини під час їх сушіння залежно від варіювання температурного впливу;

- на підставі одержаних результатів розробити заходи з удосконалення технології склеєних кишкових ковбасних оболонок з яловичої сировини із використанням запропонованих способів фізичного та хімічного зшивання;

- вивчити дослідницькі технологічні пропозиції залучення склеєних кишкових плівок у виробництво м'ясних продуктів;

- виконати комплекс робіт з упровадження одержаних результатів у виробництво та освітній процес;

- визначити економічну ефективність впровадження одержаних техніко-технологічних рішень з удосконалення технології склеєних кишкових ковбасних оболонок з яловичої сировини.

Висновки до розділу 2

1. Представлено обрані методологічні підходи – теоретичне обґрунтування, експериментальні дослідження та практичне впровадження.

2. Визначено об'єкт досліджень (технології склеєних кишкових плівок з яловичої сировини із використанням методів фізичного та хімічного зшивання та м'ясних продуктів з їх використанням), предмети досліджень (залишки некондиційної яловичої кишкової сировини, отримані під час виготовлення та використання у ковбасному виробництві фабрикатів яловичих черев, серозні плівки (отримувані в результаті технологічної обробки свинячих кишок), склеєні кишкові плівки (листові та рукавні – ковбасні оболонки, танін, харчові кислоти (оцтова, лимонна, молочна), функціонально-технологічні властивості кишкових плівок та ковбасних оболонок; смажені м'ясні продукти; кількісні та якісні показники технології

смажених м'ясних продуктів) та відповідні матеріали для виконання досліджень.

3. Визначено мету і завдання досліджень.

Обрано методи досліджень: експериментальні установки для дослідження міцності шва склеєних кишкових оболонок, пружно-пластичних властивостей кишкових оболонок, для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки; стандартні загальноприйняті, удосконалені і пристосовані до кишкових плівок фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні методи досліджень, стандартні методи дослідження м'ясних продуктів, методи планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних із використанням сучасних комп'ютерних програм.

Визначено організаційні заходи щодо експериментальних досліджень, аналізу одержаних результатів та впровадження результатів у виробництво та освітній процес.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК ІЗ ЯЛОВИЧОЇ СИРОВИНИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ФІЗИЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗШИВАННЯ

3.1. Розробка способу удосконалення технології, визначення основних конструкційних особливостей апарата для зшивання яловичої кишкової сировини тепловою коагуляцією, раціональних режимів його роботи та параметрів технологічного впливу

Розробка способу й апарата для зшивання кишкової сировини тепловою коагуляцією та визначення конструкційних особливостей цього апарата і раціональних режимів його роботи дасть можливість підвищити ефективність технології склеєних ковбасних оболонок та плівок багатофункціонального призначення із кишкової сировини різних видів. Задля цього вирішувались такі задачі: розробка способу зшивання кишкової сировини та концептуального рішення апарата для його реалізації; визначення впливу на міцність шва між шарами кишкової сировини, що підлягає з'єднуванню способом теплової коагуляції, таких параметрів як: конструкційні особливості робочих органів для зшивання сировини, тривалість теплової коагуляції; визначення вимог до конструкційних особливостей апарату для зшивання кишкової сировини, виходячи із характерних розмірів вихідної сировини та властивостей наповнення для ковбасних виробів.

В даному дослідженні [151] об'єктом є спосіб отримання склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення, що додатково зміцнені з використанням апарата для зшивання за допомогою теплової коагуляції.

Гіпотеза дослідження полягала у використанні теплової коагуляції як інструмента для створення шву між шарами сировини, що дозволяє отримувати плівку багатофункціонального призначення необхідного розміру.

Сировиною, для якої проводили дослідження, були фабрикати яловичих черев, оброблені та підготовлені згідно із чинними технологічними інструкціями. Тобто вихідна сировина являла собою відділені яловичі череві, які були попередньо знежирені та очищені від слизової оболонки, промиті, засолені та зберігались у вигляді солоного фабрикату. Сировину звільнювали від солі, промивали та витримували у воді. Перед зшиванням відрізки фабрикатів, які являють собою тіла, наближені до порожнистих циліндрів, розрізали в повздовжньому напрямку та отримували зразки (смуги), за геометричною формою наближені до прямокутника.

Розробка способу зшивання кишкової сировини та концептуального рішення апарата для його реалізації.

Вихідними вимогами під час розробки способу зшивання кишкової сировини та концептуального рішення апарата для його реалізації були наступні:

- універсальність апарата по розмірам вихідної сировини: можливість використання кишкової сировини різного походження (яловичі, свинячі, баранячі тощо) та з різних частин кишківника (тонкий, товстий кишківник, міхур тощо);
- проведення в одному пристрої операцій зі зшивання натуральної кишкової сировини способом теплової коагуляції та подальшого висушування до кінцевого вологовмісту (під вологовмістом мається на увазі основний параметр процесу сушіння, який дорівнює відношенню маси системної води сировини або продукту до маси сухих речовин);
- універсальність отриманої продукції: можливість використання отриманої продукції для виробництва ковбасних оболонок різного розміру та форми, а також інших склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення;

– енерго- та ресурсоефективність апарата.

Виходячи із вихідних вимог до способу зшивання кишкової сировини за допомогою теплової коагуляції, пропонується концептуальна реалізація апарата, загальний вигляд якого представлений на рис. 3.1.

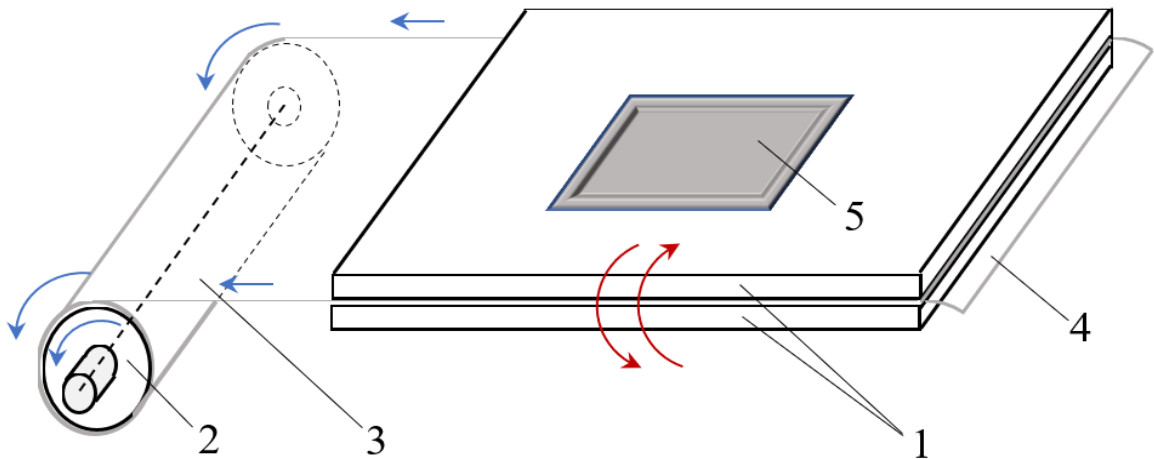


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд концептуального рішення апарата для зшивання кишкової сировини за допомогою теплової коагуляції:

- 1 – робочі поверхні для зшивання кишкової сировини;
- 2 – барабан для змотування склеєних кишкових плівок;
- 3 – склеєні кишкові плівки у вигляді стрічки;
- 4 – вільний кінець стрічки;
- 5 – планшет для керування режимом роботи робочих поверхонь

Спосіб зшивання кишкової сировини, що пропонується, полягає у наступному (рис. 3.1). Зразки (смуги) вологих кишкових плівок розкладають навхлист між робочими поверхнями 1 так, щоб залишалися вільні кінці кишкових оболонок 4 ззовні робочих поверхонь. Зразки сировини розкладають навхлист, тобто один на один, з метою отримання ділянок, що являють собою два шари, які підлягають зшиванню способом теплової коагуляції.

Далі, обираючи відповідні режими роботи поверхонь 1 за допомогою пульта керування 5, зшивають та висушують їх до кінцевого вологовмісту. Тобто зразки кишкової сировини між робочими поверхнями спочатку зшивають способом теплової коагуляції, а потім робочі поверхні нагрівають і кондуктивним способом висушують зшити вологу сировину.

В результаті отримують полотно з розміром, що відповідає площі робочих поверхонь. При цьому вільні кінці 4 залишаються вологими. Робочі поверхні розкривають та отримане полотно накручують на барабан 2. Вологі вільні кінці 4 переміщуються у напрямку, вказаному на рис. 3.1, стрілками, на край робочої поверхні. Наявність вологих вільних кінців обумовлена зручністю щодо склеювання висушеної сировини із вологою під час їх поєднання перед зшиванням.

Операцію з укладання зразків (смуг) вологих кишкових плівок повторюють, укладаючи їх навхлист на вологі вільні кінці та навхлист один між одним. Робочі поверхні зводять та повторюють операцію зі зшивання та висушування. Таким чином отримують стрічку, яка є напівфабрикатом для виробництва кишкових оболонок різного розміру та форми, а також може бути використана як натуральний листовий плівковий матеріал багатфункціонального призначення у харчовій промисловості.

Загальний вигляд робочих поверхонь для зшивання кишкової сировини способом, що пропонується, наведено на рис. 3.2. Робочі поверхні при цьому являють собою дві площини. На верхній робочій площині 1 встановлена система штоків 3, а на нижній площині 2 зроблена система лунок 4. Кожний із штоків співпадає із відповідною лункою при зведенні нижньої та верхньої робочих поверхонь. Довжина штока та глибина лунки повинні відповідати наступним умовам. По-перше, при зведенні робочих поверхонь їх площини повинні торкатись одна одної. По-друге, при розміщенні вологої кишкової сировини між площинами робочих поверхонь та їх зведенні штоки не повинні порушувати цілісність вологої сировини через розриви.

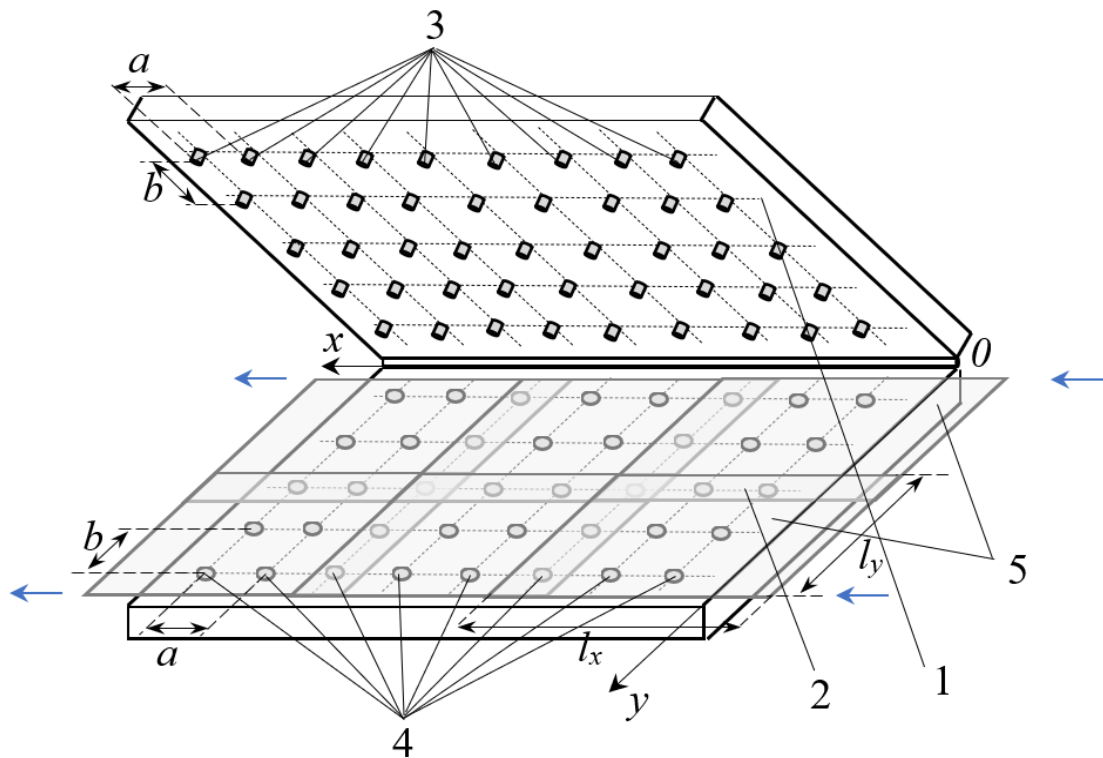


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд робочих поверхонь для зшивання кишкової сировини:

1, 2 – верхня та нижня робочі поверхні для зшивання та сушіння кишкової сировини;

3 – штоки для зшивання;

4 – лунки під штоки для зшивання;

5 – зразки кишкової сировини, що підлягають зшиванню

Функція штоків на верхній робочій поверхні – утворення шву між зразками кишкових плівок, що підлягають зшиванню, та фіксація зшитих зразків під час сушіння. Оскільки сировину розкладають навхлист, то зшиванню підлягає саме ця зона. Існує можливість, у відповідності до характерних розмірів зразків кишкових плівок $l_x \times l_y$ (рис. 3.2), нагрівати до температури зшивання лише визначені ряди штоків, як відносно осі Ox , так і відносно осі Oy . Тобто після розкладання кишкової сировини з відповідним характерним розміром зводять робочі поверхні та вмикають відповідний режим зшивання. Під режимом зшивання мається на увазі схема підключення

системи штоків по горизонталі (Ox) та вертикалі (Oy), їх температура (визначається властивостями кишкової сировини) та тривалість теплової коагуляції.

Після цього нагрівання штоків, за допомогою яких проводили зшивання, вимикають та вмикають режим сушіння зшитої вологої сировини. Для сушіння вмикають нагрівання площин верхньої та нижньої робочих поверхонь. Функція штоків та лунок при цьому полягає у запобіганні скручуванню та скороченню вологої сировини під час зневоднення.

Таким чином, для технічної реалізації способу й апарата для зшивання кишкової сировини існує необхідність у встановленні наступних конструкційних особливостей та параметрів режиму зшивання: відстань між штоками, за допомогою яких проводять зшивання; температура штоків під час зшивання; тривалість зшивання.

Дослідження впливу параметрів способу з'єднування тепловою коагуляцією на міцність шва між шарами кишкової сировини.

Зшивання кишкових оболонок за допомогою теплової коагуляції проводиться шляхом затискання шарів, що підлягають зшиванню, між робочими органами. В роботі [43] шов між шарами кишкової сировини створювався за допомогою робочих органів, що мали вигляд двох безперервних пластин. Сировину затискали між пластинами, нагрітими до температури $150\text{--}180^{\circ}\text{C}$, впродовж $5\text{--}12$ с та отримували шов у вигляді лінії. Значення розривного навантаження отриманого шва між зразками кишкової сировини для цих діапазонів тривалості теплової коагуляції та температури робочих органів становлять від 12 Н/м до 16 Н/м. При цьому слід відмітити, що сировиною, для якої проводили дослідження, були свинячі череві, товщиною $30\text{--}55$ мкм.

Однією із перших вимог до апарата, в якому реалізується зшивання кишкових оболонок, є його універсальність щодо вихідної сировини. Однак залишається невирішеним питання раціональної температури робочих

органів та тривалості проведення теплової коагуляції. Сировиною, яка використовується в дослідженні та для якої відсутня інформація щодо раціональних режимів зшивання її шарів способом теплової коагуляції, є яловичі череві. Яловичі череві відрізняються від сировини, що досліджувалась в роботі [43], більшою товщиною. Так, товщина фабрикатів із різних частин яловичого кишківника, що використовуються для виробництва ковбасних оболонок, варіюється від 70–140 мкм до 130–230 мкм. Очевидно, збільшення товщини шарів сировини, що підлягають зшиванню способом теплової коагуляції, тягне за собою збільшення раціональної температури робочих органів та тривалості зшивання. В дослідженні в якості сировини використовувались яловичі череві, товщина яких лежить у діапазоні від 80–160 мкм.

Визначення раціональних параметрів зшивання на даному етапі являло собою двофакторний експеримент. Першим фактором є температура робочих органів, другим – тривалість теплового впливу на шари сировини з боку робочих органів. Критерієм для визначення раціональних значень факторів є значення розривного навантаження отриманого шва між зразками, що підлягали зшиванню.

Температура робочих органів змінювалась дискретно через кожні 10°C від 150°C до 180°C. Тривалість затискання шарів сировини, що підлягали зшиванню, між робочими органами також змінювалась дискретно через кожні 2 с від 2 с до 20 с.

Зміну розривного навантаження зі зміною тривалості зшивання зразків сировини за різної температури робочих органів наведено на рис. 3.3. Навантаження вважалось розривним за умови розриву шва під його дією. Розривне навантаження визначалось на одиницю довжини шва. Експериментальні дані апроксимувались поліноміальною функцією.

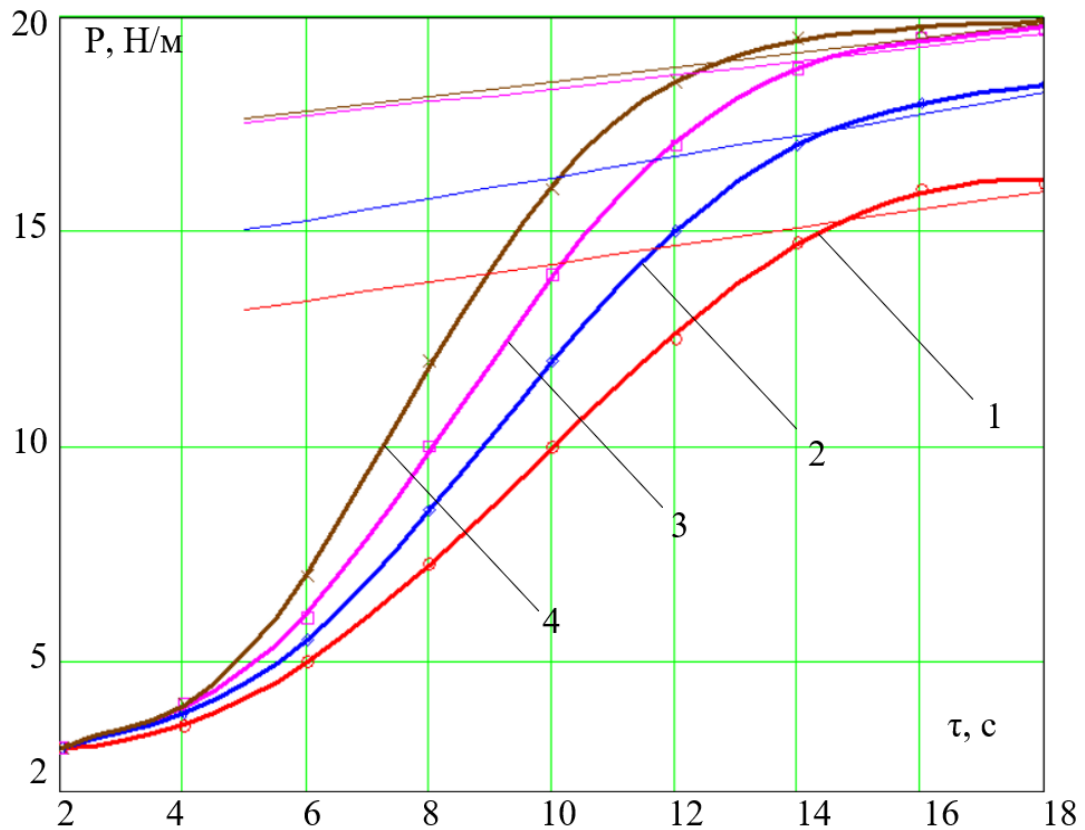


Рисунок 3.3 – Значення розривного навантаження на одиницю довжини шва між двома шарами кишкових плівок, виготовлених з яловичих черев, за різної тривалості зшивання способом теплової коагуляції за температури робочих органів, °С:

- 1 – 150;
- 2 – 160;
- 3 – 170;
- 4 – 180

Характер зміни розривного навантаження зі зміною тривалості зшивання для різних температур робочих органів – однаковий. Має місце монотонне зростання апроксимаційних функцій на яких можна виділити три характерні ділянки з різним нахилом до осі абсцис.

За збільшення тривалості зшивання від 2 с до 6 с має місце несуттєве збільшення розривного навантаження. Очевидно, означене збільшення обумовлене злипанням шарів сировини, а не їх сумісною тепловою

коагуляцією. За подальшого збільшення тривалості зшивання розривне навантаження лінійно збільшується. Ця ділянка для різної температури робочих органів має різний нахил до осі абсцис: для температури 150°C кут найменший, а для температури 180°C – найбільший. На третій ділянці кут нахилу кожної із кривих знову зменшується: залежності асимптотично прагнуть до визначених значень розривного навантаження. Ці асимптотичні значення розривного навантаження для кожної температури робочих органів різні. Для температури 150°C це значення дорівнює $16,2 \text{ Н/м}$; для температури 160°C – $18,4 \text{ Н/м}$; для 170°C – $19,7 \text{ Н/м}$; для 180°C – $19,9 \text{ Н/м}$.

Наближення до асимптотичних значень для кожної із кривих, відповідно для кожного значення температури робочих органів, – різне. Виходячи з цього, раціональною тривалістю зшивання слід вважати тривалість, за якої досягається значення розривного навантаження шва, що відповідає значенню, близькому до асимптотичного. Під значенням, близьким до асимптотичного, мається на увазі значення розривного навантаження, не менше ніж на 5%.

Встановлення раціональної тривалості зшивання за кожної із температур робочих органів визначалось шляхом лінійної апроксимації кінцевих ділянок кривих з рис. 3.3. Вихідними даними для лінійної апроксимації були масиви експериментальних даних, де першою точкою було значення розривного навантаження, що відповідає максимальній тривалості зшивання. Наступні точки додавались у відповідності до коефіцієнта кореляції між експериментальними даними та отриманими лінійними апроксимаційними функціями. Додавання до вихідного масиву даних кожної наступної точки продовжувалось до досягнення коефіцієнтом кореляції значення 95%.

Визначені таким чином раціональні діапазони тривалості зшивання способом теплової коагуляції, за яких досягаються раціональні значення розривного навантаження шва між кишковими плівками, виготовленими з яловичих черев, дорівнюють:

- для температури робочих органів 150°C – 15–16 с (раціональне значення розривного навантаження – 15,4–16,0 Н/м);
- для температури 160°C – 14–15 с (раціональне значення розривного навантаження – 17,0–17,7 Н/м);
- для 170°C – 14–15 с (раціональне значення розривного навантаження – 18,6–19,3 Н/м);
- для 180°C – 12–13 с (раціональне значення розривного навантаження – 18,8–19,3 Н/м).

Слід відмітити, в роботі [43] доведено, що з точки зору технологічних вимог міцність шва зшитих ковбасних оболонок повинна бути не менше 10 Н/м. Тобто властивості шва, отриманого за наведених раціональних діапазонів тривалості зшивання способом теплової коагуляції за визначеної температури робочих органів, задовольняють технологічним вимогам до склеєних ковбасних оболонок.

Іншою вимогою до апарата, в якому реалізується зшивання кишкових плівок способом теплової коагуляції, є його універсальність щодо розмірів вихідної сировини. Завдання, яке виникає при цьому, полягає в тому, щоб шов знаходився безпосередньо на місцях навхлисту шарів сировини, тобто напрям нанесення теплокоагуляційних швів має співпадати із напрямом когезійних швів.

У загальному вигляді форма зразків вихідної сировини наближена до прямокутника з лінійними розмірами l_x та l_y (як показано на рис. 3.2). Виходячи із цього, робочі органи повинні розміщуватись на відстані не більше ніж $l_x - \Delta l$ вздовж осі Ox та $l_y - \Delta l$ вздовж осі Oy . Тут Δl – це ширина навхлисту між шарами сировини. Лінійні розміри зразків кишкової сировини можуть варіюватися в широкому діапазоні від 75 мм до 500 мм. Таким чином, для універсальності апарата щодо розмірів вихідної сировини робочі органи повинні знаходитись на відстані, не більшій ніж мінімальний розмір зразків кишкових оболонок. З огляду на це, використання пластин у якості робочих органів для зшивання з використанням теплової коагуляції є

нераціональним. Оскільки тепловій коагуляції у разі зшивання зразків сировини з лінійним розміром, більшим за мінімальний, піддається не тільки навхлист шарів, а й одиночні шари сировини. Це призводить до зменшення міцності отримуваних оболонок, можливості утворення отворів через пропалювання сировини, псування зовнішнього вигляду отримуваної продукції.

Таким чином, у якості робочих органів в способі, що пропонується в дослідженні, обрано шток та лунку, яка співпадає з ним (відповідно 3 та 4 з рис. 3.2). Використання саме таких робочих органів зумовлене, по-перше, прагненням до зменшення теплових витрат від їх поверхні. По-друге, існує можливість використовувати саме визначені штоки для зшивання сировини способом теплової коагуляції.

При застосуванні робочих органів у вигляді штоків і лунок шов буде являти собою не суцільну лінію, як при застосуванні пластин, а низку точок. Очевидно, розривне навантаження при цьому буде залежати від відстані між точками, що піддавалися тепловій коагуляції.

На рис. 3.4 наведено розривне навантаження залежно від відстані між точками, які створюють шов між шарами кишкових оболонок. Відстань між точками, що піддавалися тепловій коагуляції, змінювалась дискретно через 5 мм від 5 мм до 25 мм. Температура робочих органів при цьому дорівнювала 160°C, тривалість зшивання – 15 с. Перша експериментальна точка, для якої координата абсцис дорівнює нулю, відповідає шву, створеному між суцільними пластинами теплокоагуляційним способом. Наведені на рис. 3.4 експериментальні точки для наочності апроксимувались поліноміальною функцією.

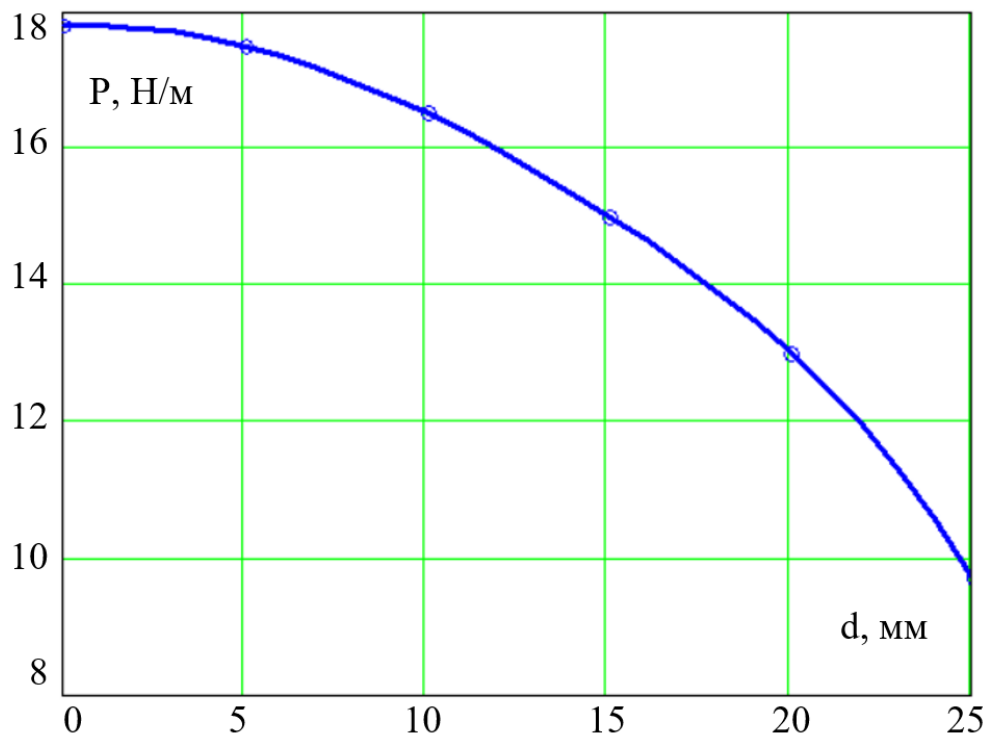


Рисунок 3.4 – Розривне навантаження за різної відстані між точками, які створюють шов між шарами склеєних кишкових плівок

Розривне навантаження нелінійно змінюється зі зміною відстані між точками, які піддаються тепловій коагуляції, та створюють шов між шарами кишкових плівок. При цьому значення розривного навантаження шва для діапазону відстані між точками, які його створюють, від 5 мм до 20 мм відповідно лежать у діапазоні від 17,5 Н/м до 13,0 Н/м. Ці значення задовольняють технологічним вимогам до міцності шва зшитих ковбасних оболонок.

Визначення конструкційних особливостей апарату для отримання багатофункціональної плівки.

Під конструкційними особливостями апарату для зшивання кишкової сировини способом теплової коагуляції на даному етапі дослідження слід вважати відстань між штоками, що створюють теплокоагуляційний шов, та схему їх нагрівання.

Відстань між штоками визначає основні властивості ковбасних оболонок: міцність оболонки на розрив та здатність утримувати наповнення для ковбасних виробів без витікання його рідкої фракції. Міцність шва в залежності від відстані між точками, що утворюють шов між кишковими плівками, досліджено вище.

Здатність ковбасних оболонок утримувати наповнення для ковбасних виробів без витікання його рідкої фракції досліджувалась наступним чином.

Очевидно, у склеєних та додатково зшитих ковбасних оболонках найімовірнішою ділянкою, через яку можливе витікання рідкої фракції, є шов. Для випадку шва у вигляді низки точок, що піддавались тепловій коагуляції, питання витікання через шов рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів потребує додаткових досліджень.

Досліджувався вплив відстані між точками, які створюють шов між шарами кишкової сировини, на витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів із ковбасної оболонки. Відстань між точками, які піддавались тепловій коагуляції та які створюють шов між шарами кишкової сировини, змінювалась дискретно через 5 мм – від 5 мм до 25 мм. Зразки ковбасних оболонок розміщували в установку для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки. У відповідності до методики визначали висоту рідкої фракції, за якої витікання її через шов вважалось значимим.

Значення висоти рідкої фракції (гідростатичного тиску), за якої витікання вважалось значимим, для визначених значень відстані між точками, що утворюють шов між шарами кишкової сировини, наведено на рис. 3.5. Отримані експериментальні дані апроксимувались поліноміальною функцією.

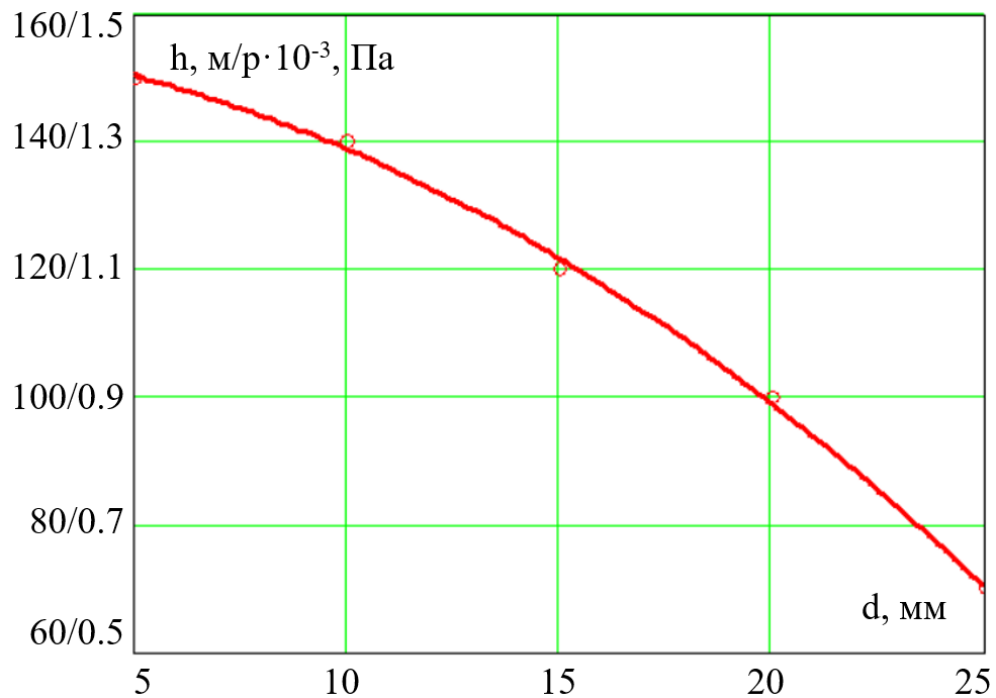


Рисунок 3.5 – Значення висоти рідкої фракції (гідростатичного тиску), за якої відбувалось значиме витікання, для різної відстані між точками, що утворюють шов ковбасної оболонки

Очевидно, що значення висоти пропорційне гідростатичному тиску рідини, за якого відбувається витікання рідини через шов зразка ковбасної оболонки. Значення відповідного гідростатичного тиску наведені через скісну риску у підписах до осі ординат.

Схема вмикання штоків, за допомогою яких створюється шов способом теплової коагуляції, суттєвим чином залежить від характерних геометричних розмірів вихідної сировини l_x та l_y (рис. 3.2). Під схемою вмикання штоків мається на увазі нагрівання до температури теплової коагуляції відповідних рядів як вздовж осі Ox , так і вздовж осі Oy .

В дослідженні як вихідну сировину використовували яловичі черевці. Форма цієї нативної сировини наближена до прямокутної. Характерні розміри її лежать у діапазоні від 75 мм до 500 мм. При цьому один із характерних розмірів (далі – ширина) лежить в діапазоні від 75 мм до 100 мм, інший (далі – довжина) – в діапазоні від 100 мм до 500 мм.

У відповідності до розробленого способу шов необхідно утворювати в місці навхлисту шарів кишкових оболонок. Тобто штоки, за допомогою яких створюється теплокоагуляційний шов, повинні співпадати саме із цими навхлистами. Виходячи із цього, раціональним слід вважати наявність обмеженої кількості схем вмикання штоків, за допомогою яких створюється шов способом теплової коагуляції. Тобто кожна схема вмикання штоків повинна визначатись діапазоном розмірів обраної сировини.

Діапазон характерних геометричних розмірів вихідної сировини (від 75 мм до 500 мм) є суттєво більшим порівняно із відстанями між штоками (від 5 мм до 25 мм), які планується використовувати для зшивання кишкової сировини. З огляду на це, пропонується попереднє сортування сировини на 3 сорти із діапазонами розмірів ширини та довжини: I – $(75-100) \times (350-500)$ мм; II – $(75-100) \times (200-350)$ мм; III – $(75-100) \times (100-200)$ мм.

Таке сортування надає можливість у відповідності до сорту та з урахуванням ширини навхлисту ($\Delta l = 15$ мм) вмикати паралелі штоків, які розміщуються на визначених у відповідності до сорту сировини відстанях вздовж осі Ox та вздовж осі Oy . Так, вздовж осі Ox ці відстані між рядами штоків лежать у межах від 65 мм до 90 мм для всіх трьох сортів сировини. Вздовж осі Oy відстані між рядами штоків визначаються відповідно до сорту кишкової сировини: I – від 340 мм до 490 мм; II – від 190 мм до 340 мм; III – від 90 мм до 190 мм.

На підставі наведених даних розроблено спосіб зшивання кишкових плівок із яловичої сировини, які належать до відходів через певні дефекти, та концептуальне рішення апарата для його реалізації. Розробка дає можливість отримувати універсальну стрічку із кишкової сировини (рис. 3.1). Універсальність стрічки полягає у можливості подальшого отримання із неї ковбасних оболонок потрібного розміру як за діаметром, так і за довжиною, отримання фігурних ковбасних оболонок. Створюється також можливість її використання як натурального листового плівкового матеріалу багатofункціонального призначення у харчовій промисловості.

Розроблений апарат (рис. 3.2) можна вважати універсальним щодо геометричних розмірів та товщини вихідної сировини, її походження. Універсальність досягається шляхом підбору відповідних раціональних режимів роботи апарата: температура та схема вмикання робочих органів для зшивання, тривалість зшивання, температура та тривалість сушіння. При цьому слід відмітити, що в одному пристрої проводиться і зшивання кишкової сировини, і її висушування до кінцевого вологовмісту.

Як сировину, для якої проводились дослідження, обрано яловичі череві. Для цієї сировини відсутня інформація щодо раціональних температури та тривалості зшивання способом теплової коагуляції.

Дослідження розривного навантаження шва, отриманого між зразками кишкових оболонок за різної температури робочих органів та за різної тривалості процесу теплової коагуляції, визначені раціональні діапазони значень цих чинників (рис. 3.3). Слід відмітити, що робочі органи при цьому являли собою суцільні пластини. Встановлено, що властивості шва, отриманого за наведених раціональних діапазонів, задовольняють технологічним вимогам до склеєних кишкових ковбасних оболонок. Розривне навантаження отриманого шва є не меншим за 10 Н/м.

З точки зору розривного навантаження шва, отриманого між зразками кишкових плівок за визначених значень температури робочих органів та тривалості зшивання, можна обирати будь-який із запропонованих діапазонів. Однак з точки зору енерговитрат слід обирати найменшу температуру робочих органів та найменшу тривалість теплової коагуляції, очевидно, враховуючи запас міцності отримуваного шва.

Необхідно відмітити, за збільшення температури робочих органів від 150°C до 160°C, тобто на 10°C, розривне навантаження отриманого шва збільшується на 16%. При цьому тривалість процесу теплової коагуляції зменшилась на 1 с. При подальшому збільшенні температури на 10°C (до 170°C) розривне навантаження збільшується на 11%, а тривалість залишається тією ж. При збільшенні температури робочих органів від 170°C

до 180°C (на 10°C) розривне навантаження шва збільшується лише на 1%, а тривалість теплової коагуляції зменшилась на 2 с. Виходячи з цього, обрано температуру робочих органів 160°C з відповідною тривалістю теплової коагуляції – 15–16 с.

Робочими органами для зшивання кишкових оболонок у розробленому концептуальному рішенні апарата є штоки та відповідні до них лунки. Використання таких робочих органів дає можливість зменшити енерговитрати на нагрівання та скоротити теплові витрати через конвекцію з їх поверхні порівняно із використанням суцільних пластин. При цьому це технічне рішення дозволяє уникнути таких недоліків склеєних кишкових ковбасних оболонок, додатково зшитих способом теплової коагуляції, як: зменшення міцності отримуваних оболонок; можливість утворення отворів через пропалювання сировини; псування зовнішнього вигляду отримуваної продукції.

Очевидно, використання робочих органів у вигляді штоків та лунок тягне за собою зменшення розривного навантаження шва отримуваної ковбасної оболонки. Оскільки шов являє собою не суцільну лінію, що піддавалась тепловій коагуляції, а низку точок із визначеною відстанню між ними. З іншого боку, створення опуклостей жорсткості в площині когезійних швів склеєних кишкових оболонок забезпечує їх більшу міцність. Виходячи із цього, проведені дослідження зі знаходження значень розривного навантаження шва за різної відстані між точками, які його утворюють (рис. 3.4). Визначено, що за відстані між точками, які піддаються тепловій коагуляції та які утворюють шов, із діапазону від 5 мм до 20 мм значення розривного навантаження шва (не менше 15,0 Н/м) задовольняють технологічним вимогам до його міцності. Тобто відстань між штоками в технічній реалізації апарата для зшивання кишкової сировини з точки зору міцності отримуваного шва може бути будь-якою із діапазону від 5 мм до 20 мм.

Обмеженням отриманого результату може бути лише здатність шва між зшитими кишковими оболонками утримувати наповнення для ковбасних виробів без витікання його рідкої фракції. Ця властивість також визначається відстанню між точками, які утворюють шов, та визначає гідростатичний тиск рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів, за якого відбувається її витікання.

Експериментальним шляхом отримані значення висоти стовпа рідкої фракції (гідростатичного тиску), за якої відбувалось значиме витікання, для різної відстані між точками, що утворюють шов. Отримані значення висоти лежать в діапазоні від 70 мм до 150 мм.

Традиційно ковбасні вироби мають циліндричну форму. Зважаючи на це, за умови їх технологічної обробки у горизонтальному положенні, отримані значення висоти можна вважати рівними діаметру ковбасного виробу. Таким чином, існує можливість відповідно до діаметру ковбасної оболонки обирати відстань між точками, які піддаються тепловій коагуляції та утворюють шов. Тобто для ковбасного виробу діаметром 140 мм відстань між точками, що утворюють шов, повинна бути не більше 10 мм (рис. 3.5), а для ковбасного виробу діаметром 100 мм – не більше 20 мм. Слід відмітити, що для ковбасного виробу діаметром 70 мм, з точки зору витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів, достатньою відстанню між точками, що утворюють шов, є 25 мм. Однак застосування такої відстані не рекомендується, оскільки розривне навантаження отриманого шва буде меншим за 10 Н/м, тобто за міцність шва склеєних та додатково зшитих кишкових ковбасних оболонок, яка задовольняє технологічним вимогам. Оскільки ковбасні оболонки із яловичих черев застосовуються для виробів діаметром до 100 мм, то раціональною відстанню між точками, що утворюють шов, для такої сировини є 20 мм.

Таким чином, для розроблених способу та апарата для зшивання кишкових оболонок способом теплової коагуляції можна сформулювати наступні рекомендовані режими та параметри проведення цієї операції:

- робочими органами для зшивання кишкової сировини є штоки та відповідно розміщені лунки;
- відстані між рядами штоків та лунок для яловичих черев дорівнюють 20 мм як по осі абсцис, так і по осі ординат;
- температура робочих органів (штоків), за допомогою яких створюється шов між кишковими оболонками, дорівнює 160°C ;
- тривалість зшивання кишкових оболонок дорівнює 15–16 с;
- необхідне введення попередньої операції сортування сировини перед зшиванням; сортування сировини проводиться на 3 сорти із діапазонами розмірів ширини та довжини: I – $(75-100) \times (350-500)$ мм; II – $(75-100) \times (200-350)$ мм; III – $(75-100) \times (100-200)$ мм. Сортування надає можливість у відповідності до сорту вмикати паралелі штоків, які розміщуються на визначених відстанях вздовж осі Ox та вздовж осі Oy . Вздовж осі Ox відстані між рядами штоків лежать у межах від 65 до 90 мм для всіх трьох сортів сировини. Відстані вздовж осі Oy між рядами штоків визначаються відповідно до сорту кишкової сировини: I – від 340 мм до 490 мм; II – від 190 мм до 340 мм; III – від 90 мм до 190 мм.

Обмеженням дослідження є застосування способу лише для сировини, в якості якої обрано яловичі череві. Крім того, відсутні експериментальні дослідження щодо раціональних параметрів процесу сушіння склеєних та додатково зшитих вологих кишкових оболонок. Однією із перспектив подальших досліджень є розширення асортименту кишкової сировини, яку можна зшивати із застосуванням розробленого способу та апарата. Іншою – отримання раціональних режимів та параметрів сушіння вихідної сировини.

Недоліком дослідження є те, що розроблений апарат є пристроєм періодичної дії. При цьому спосіб вимагає наявності кропіткої людської праці, як під час сортування, так і під час розкладання кишкових оболонок на робочу поверхню. Однак застосування автоматичних пристроїв для виконання цих операцій, очевидно, буде нерентабельним через недостатньо високу вартість отримуваної продукції.

3.2. Визначення змін водопоглинання фабрикатів яловичих черев під впливом кислотної обробки

У дослідженні використано кишкові плівки, отримані з фабрикатів яловичих черев (в результаті повної обробки, згідно із чинними технологічними інструкціями).

З метою досягнення передгідролізних змін кишкових плівок обрано харчові кислоти – молочну, лимонну та оцтову. Визначальними чинниками означеного вибору стали відомості з узагальнення фізико-хімічних основ кислотної обробки колагеновмісної сировини [56; 57] та дозвіл до використання у харчовій промисловості. Зокрема спирались на той, факт, що кількість поглинутої колагеновою структурою води, серед з інших чинників, залежить від зміщення рН обводненого середовища у бік кислого від ізоелектричної точки колагену, що відповідає інтервалу рН від 6,36 до 6,75. Крім цього, враховано дані щодо кислотного гідролізу колагену з регульованим рН у технології желатину, а також рекомендації з дотримання граничних меж рН під час виготовлення білкових плівок для забезпечення їх необхідних функціонально-технологічних властивостей [142].

Вказані чинники дозволили спрогнозувати найбільш наближений до раціонального діапазон водневого показника. Виходячи з цього, зміни водопоглинання вивчали під впливом водних розчинів кислот ($C\% = 1,0\%$, $2,0\%$, $3,0\%$, $4,0\%$, $5,0\%$), фіксуючи їх такі характеристики (відповідно):

– молочна кислота ($M = 90,08$ г/моль): $C_m = 0,11; 0,22; 0,33; 0,44; 0,55$;
 $pH = 2,43; 2,29; 2,19; 2,12; 2,08$; $pK = 1,38 \times 10^{-4}$;

– лимонна кислота ($M = 192,12$ г/моль): $C_m = 0,05; 0,10; 0,15; 0,21; 0,26$;
 $pH = 2,21; 2,05; 1,96; 1,89; 1,84$; $pK = 8,40 \times 10^{-4}$;

– оцтова кислота ($M = 60,05$ г/моль): $C_m = 0,17; 0,34; 0,50; 0,67; 0,83$;
 $pH = 2,79; 2,63; 2,54; 2,48; 2,43$; $pK = 0,18 \times 10^{-4}$.

Як видно (рис. 3.6), водопоглинання кишкових плівок, витриманих у розчинах харчових кислот, порівняно з первинним (нативним) станом,

збільшується у всіх випадках. Визначений в рамках обраних концентрацій загальний ефект характеризується діапазоном збільшення водопоглинання від 23,2% (оцтова кислота, $C\% = 1,0\%$) до 144,5% (молочна кислота, $C\% = 5,0\%$).

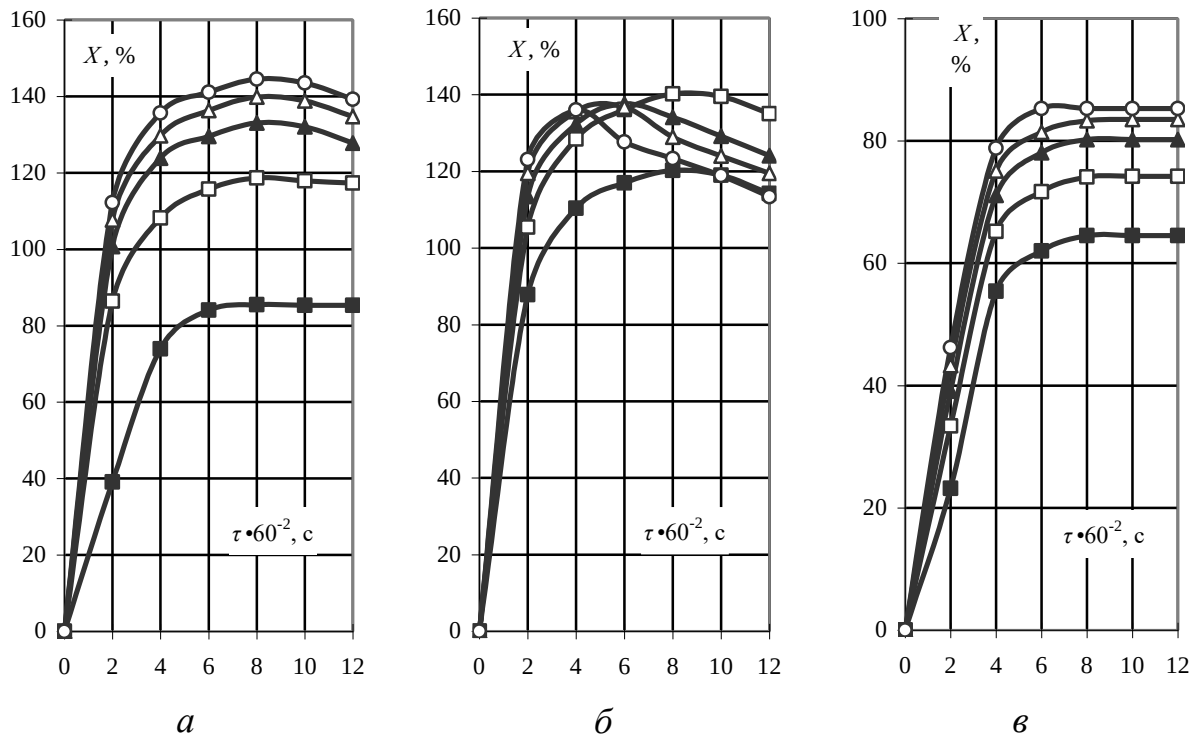


Рисунок 3.6 – Зміни водопоглинання (X) фабрикатів яловичих черев під впливом обробки харчовими кислотами (*a* – молочна, *b* – лимонна, *v* – оцтова) залежно від часу експозиції (τ) та концентрацій розчинів кислот, %:

■ – 1,0; □ – 2,0; ▲ – 3,0; Δ – 4,0; ○ – 5,0

Щодо часу експозиції кишкових плівок, максимальний ефект спостерігається на ділянці близько 6 год. витримки. Про це свідчать вирівнювання кривих на рис. 3.6*v* (для розчинів оцтової кислоти), максимальні значення водопоглинання на рис. 3.6*a*, 3.6*b*. При цьому характер кривих, що характеризує динаміку водопоглинання у розчинах обраних концентрацій лимонної кислоти (рис. 3.6*b*), вказує на відносне прискорення змін, що полягає у досягненні максимальних значень 110,4–140,2% протягом

4–8 год. експозиції, після чого спостерігається їх помітне зменшення (на 10 год. – 118,9,5%, на 12 год. – 113,4%).

Отримані дані показують, що згладжування кривих протягом кислотної обробки (на ділянці 6–12 год.) та встановлення відповідно стабільних значень водопоглинання помітно виявляється у разі витримки кишкових плівок у розчинах оцтової кислоти. Проте ці значення коливаються лише від 23,2% ($C\% = 1,0\%$) до 83,5% ($C\% = 5,0\%$).

Обробка кишкових плівок розчинами молочної кислоти приводить до збільшення водопоглинання від 39,1% до 144,5%. Вказане максимальне збільшення характерне протягом 6–10 год. витримки, після чого (на 12 год. витримки) дещо знижується (до 139,2%).

Щодо нарощування значень водопоглинання залежно від часу експозиції, здебільшого виявляється закономірність високої інтенсивності у перші 4 год. обробки. Зміна концентрації кислотних розчинів відчутніше впливає на збільшення водопоглинання, як видно з рис. 3.6, в інтервалі 1,0–3,0%.

Аналізуючи одержані результати, очевидним можна вважати факт підвищення водопоглинання фабрику яловичих черев, основу структури яких складають колаген та еластин, залежно від виду та кількості доданих харчових кислот. Таке набрякання зумовлено зміненням заряду білка і може мати як оборотний, так і необоротний характер, що залежить від ступеня гідролізних (передгідролізних) змін, викликаних кислотною дією.

Як видно, набрякання колагеново-еластинової структури кишкових плівок у кислому середовищі зростає до певних меж, за подальшого збільшення концентрацій кислот – починає зменшуватись. Під дією кислот на складові кишкових плівок, серед яких колаген та еластин суттєво превалюють, виникає надлишковий заряд. Внаслідок цього компактна структура, стабілізована сольовими зв'язками, розпушується, оскільки відбувається розширення фібрил у полярних областях через відштовхування однойменно заряджених груп, а у розширені області потрапляє вода, що і є

поясненням набрякання. Щодо зниження набрякання у надлишковій кількості електроліту, поясненням цього є зменшення ступеня дисоціації білку [56–58].

Як видно, рН розчинів обраних у даному дослідженні харчових кислот і їх концентрацій знаходиться у межах 1,84–2,79. При цьому ефективно підвищення водопоглинання кишкових плівок з яловичих черев характерне здебільшого для розчинів досліджених кислот з рН 2,05–2,63. Більшою мірою це може бути пояснено тим, що утворення желатину за кислотним способом пов'язано із забезпеченням та контролюванням рН. Так, наприклад, за рН сировини менше за 2,3 колаген починає переходити у желатин, що негативно впливає на міцність та здатність до дублення білкових плівок. За рН більше 2,6 водопоглинання колагенової маси починає погіршуватись. Відносно невелику кількість часу досягнення дифузійної рівноваги (близько 6 год.) зумовлено малою товщиною та пористою структурою плівок.

3.3. Розробка способу удосконалення технології склеєних кишкових оболонок із несортової яловичої кишкової сировини шляхом використання локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення когезійних швів

Застосування способу удосконалення технології склеєних ковбасних оболонок із несортової яловичої кишкової сировини шляхом використання локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення когезійних швів забезпечить формування стабільних (необоротних) механічних властивостей натуральних плівок. Задля цього вирішувались наступні задачі: розробка способу отримання склеєних ковбасних оболонок шляхом передгідролізної обробки поверхонь шарів кишкової сировини, що підлягають склеюванню, з наступним притисканням їх між собою та локальним дубленням місця склеювання; визначення раціональних

параметрів операцій з отримання склеєних ковбасних оболонок із несортової кишкової сировини за розробленим способом [65].

Об'єктом дослідження є технологія отримання склеєних ковбасних оболонок із несортової яловичої кишкової сировини.

Гіпотеза дослідження полягає у доведенні можливості застосування під час склеювання несортової яловичої кишкової сировини попередньої локальної передгідролізної обробки поверхонь, що підлягають склеюванню, з наступним їх притисканням та локальним дубленням.

Прийнятим є припущення, що попередня передгідролізна обробка шарів кишкової сировини, які підлягають склеюванню, сприяє прискоренню процесу дифузії між ними, а також сприяє скороченню тривалості операції локального дублення оброблених таким чином місць склеювання.

Сировиною, для якої проводили дослідження, є смуги кишкових плівок, отримані розрізанням фабрикатів яловичих черев, що були оброблені та підготовлені згідно із чинною нормативною та технологічною документацією.

Обробка поверхонь проводилась водним розчином молочної кислоти ($C=2,0\%$). Тривалість обробки – 4 год. [50].

Розробка способу склеювання кишкових оболонок із застосуванням передгідролізної обробки, притискання та дублення.

Вимогами, що поставлено під час розробки способу склеювання несортової кишкової сировини, який дозволив би підвищити ефективність технології отримання склеєних ковбасних оболонок, є:

- низька матеріалоемність та енергоємність обладнання для забезпечення способу склеювання;
- універсальність способу за розмірними характеристикам сировини та за розмірними характеристиками готової продукції, тобто за розмірними характеристиками склеєних ковбасних оболонок;
- простота виготовлення та експлуатації обладнання, що застосовується.

З огляду на поставлені вимоги, пропонується спосіб отримання ковбасних оболонок із застосуванням передгідролізної обробки частин поверхонь шарів сировини, що підлягають склеюванню, з наступним їх притисканням та дубленням місця склеювання.

Спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок реалізується за наступними основними технологічними етапами:

- створення заготовки для ковбасної оболонки;
- притискання поверхонь шарів кишкових оболонок, що підлягають склеюванню;
- локальна передгідролізна обробка частин шарів сировини, що підлягають склеюванню;
- локальне дублення частин шарів сировини, що підлягають склеюванню;
- сушіння отриманої ковбасної оболонки.

Пристрій для створення заготовки ковбасної оболонки складається із двох основних частин: гумового шаблону для ковбасної оболонки 1 та порожнистого металевого перфорованого циліндру 2 (рис. 3.7).

Гумовий шаблон має циліндричну форму і виконаний таким чином, що існує можливість наповнювати його повітрям через вентиль 3. Розмір шаблону є таким, що за тиску всередині нього, який дорівнює атмосферному (p), він вільно вміщується всередині порожнистого перфорованого металевого циліндру. При цьому діаметр шаблону за атмосферного тиску менше внутрішнього діаметру порожнистого циліндру на величину 5–7 мм. Гумовий шаблон та перфорований циліндр виготовлялись парами, виходячи із вимоги до розмірних характеристик готової ковбасної оболонки (довжина та діаметр).

Перед створенням заготовки для ковбасної оболонки тиск всередині гумового шаблону доводився до атмосферного. Атмосферний тиск обрано, виходячи із надання шаблону достатньої пружності за умови відсутності спеціальних вимог до властивостей гуми шаблону щодо газопроникності.

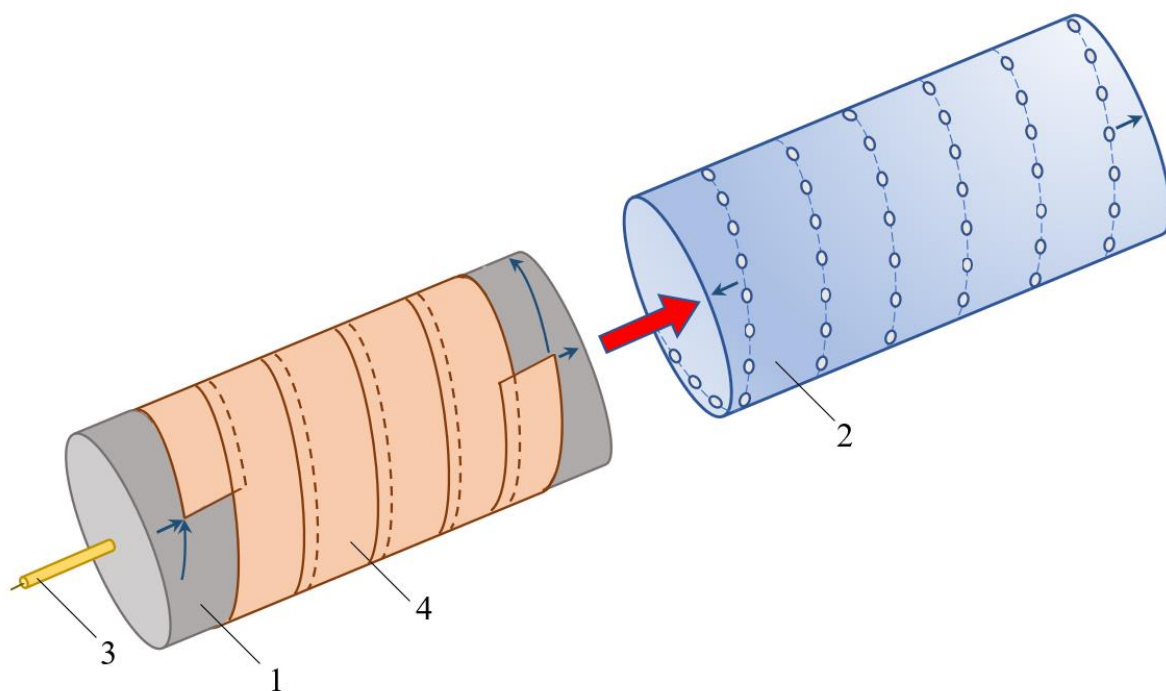


Рисунок 3.7 – Пристрій для створення заготовки ковбасної оболонки:

- 1 – гумовий шаблон для ковбасної оболонки;
- 2 – порожнистий металевий перфорований циліндр;
- 3 – вентиль для наповнення повітрям гумового шаблону;
- 4 – заготовка ковбасної оболонки із несортової кишкової сировини

Далі створювалась заготовка ковбасної оболонки із несортової кишкової сировини. Несортова сировина являє собою смуги прямокутної форми з характерними розмірами $a \times b$. При цьому один характерний розмір, який відповідає ширині смуги, значно менший за інший, який відповідає її довжині, тобто $a \ll b$. Характерний розмір a визначається у більшому ступені частиною кишківника (череви, круги, синюги, міхури тощо), яка використовується як сировина, а розмір b – якістю сировини (цілісністю несортової сировини).

Смуги сировини навивались по спіралі на шаблон 1 у відповідності до розмітки, нанесеної фарбою на шаблоні (сині стрілки на шаблоні 1 на рис. 3.7). Сировина накладалась внахлист. Смуга укладалась з напуском на попередній шар. При цьому ширина напуску складала не менше 10–15 мм.

Таким чином формувалась заготовка ковбасної оболонки 4 необхідної довжини (рис. 3.7).

Після створення заготовки ковбасної оболонки шаблон заводився всередину порожнистого металевго перфорованого циліндру відповідно до міток на циліндрі та шаблоні. Перфорація на порожнистому металевому циліндрі виконана по спіралі із таким же кроком, як розмітка для укладання сировини на гумовому шаблоні 1. Мітки виставлені таким чином, щоб ділянки заготовки ковбасної оболонки, які являють собою шов між шарами кишкової сировини, розміщувались безпосередньо напроти перфорації порожнистого циліндру.

Далі через вентиль з використанням повітряного компресору доводився тиск всередині гумового шаблону до значення $p + \Delta p$. При цьому об'єм шаблону збільшується та щільно притискає заготовку ковбасної оболонки до внутрішньої поверхні порожнистого металевго перфорованого циліндру. В місцях перфорації відбувається вигин стінки гумового шаблону разом із заготовкою ковбасної оболонки, ділянка якої знаходиться напроти отвору перфорації. Схематичний вигляд поперечного перерізу фрагменту цієї ділянки наведено на рис. 3.8.

Підготовлена таким чином заготовка ковбасної оболонки спочатку відправлялась на локальну передгідролізну обробку місць склеювання, а потім – на локальне дублення оброблених місць.

Не змінюючи тиск у гумовому шаблоні, заготовка ковбасної оболонки всередині порожнистого перфорованого металевго циліндру 1 занурювалась у ємність 2, заповнену розчином молочної кислоти 3 відповідної концентрації (рис. 3.9). Заготовка знаходиться у середовищі розчину протягом часу $\tau_{обр.}$. Таким чином проводилась операція локальної передгідролізної обробки шарів сировини, що підлягають склеюванню.

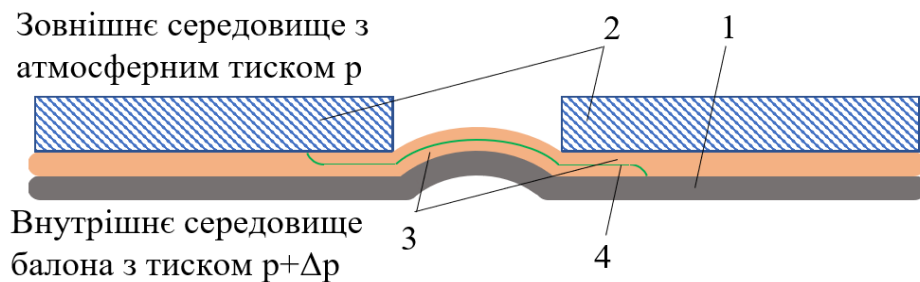


Рисунок 3.8 – Схема притискання місць склеювання кишкових оболонок між стінкою гумового шаблону та стінкою порожнистого перфорованого циліндру:

- 1 – стінка гумового шаблону;
- 2 – стінка металевого циліндру;
- 3 – шари кишкових оболонок, що підлягають склеюванню;
- 4 – дотичні поверхні шарів сировини, що підлягають склеюванню

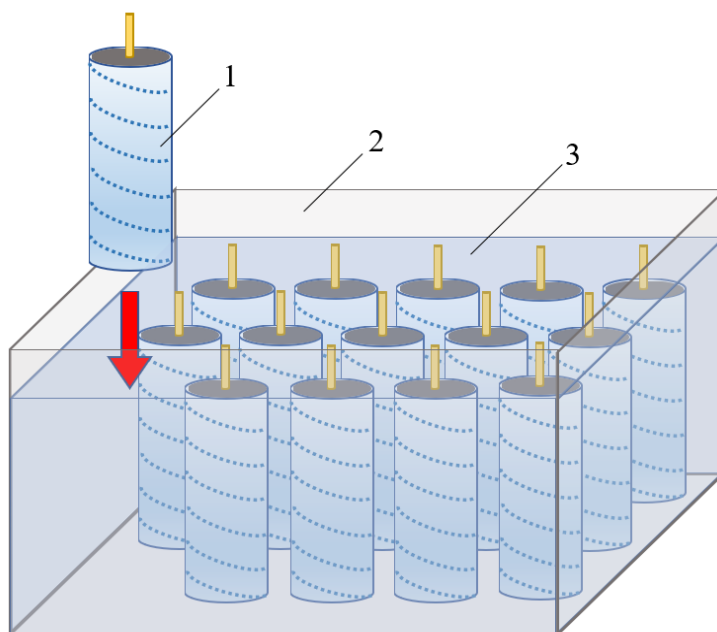


Рисунок 3.9 – Схема способу локальної передгідролізної обробки та локального дублення ковбасних оболонок:

- 1 – заготовка ковбасної оболонки, затиснута гумовим шаблоном всередині порожнистого перфорованого металевого циліндру;
- 2 – ємність для обробки;
- 3 – розчин молочної кислоти або дубильний розчин, в залежності від виконуваної операції

Оскільки гумовий шаблон щільно притискає заготовку із кишкової сировини до внутрішньої поверхні порожнистого циліндра, то проникнення розчину під суцільну частину порожнистого циліндра через перфорацію – виключається. Виходячи з цього, обробці піддається лише та частина заготовки ковбасної оболонки, яка знаходиться навпроти перфорації. Такий спосіб обробки дає можливість уникнути змін вихідних властивостей сировини та провести локальну (точкову) передгідролізну обробку місць склеювання кишкових оболонок.

Після локальної передгідролізної обробки місць склеювання проводилось локальне дублення цих місць шляхом занурення заготовки ковбасної оболонки всередині порожнистого перфорованого металевго циліндру до ємності із дубильним розчином. Заготовка знаходиться у середовищі дубильного розчину протягом часу $\tau_{\text{дубл.}}$. Таким чином проводилась операція локального дублення локально оброблених шарів сировини, що підлягають склеюванню.

Після локального дублення швів заготовка ковбасної оболонки, затиснута гумовим шаблоном всередині порожнистого металевго перфорованого циліндру, виймалась із ємності з дубильним розчином, а її поверхня та звільнялась від розчину. Далі зменшувався тиск повітря всередині гумового шаблону до атмосферного (p). В результаті цього об'єм шаблону зменшується, що дозволяє вивести його разом із заготовкою ковбасної оболонки із порожнистого перфорованого металевго циліндру. Внутрішня поверхня порожнистого перфорованого металевго циліндру має тефлонове покриття для запобігання прилипанню заготовки ковбасної оболонки до неї.

Гумовий шаблон із точково продубленою заготовкою ковбасної оболонки відправлявся на сушіння. Сушіння проводилось у сушильній шафі конвективним способом до досягнення оболонкою рівноважного вологовмісту.

Після сушіння тиск у гумовому шаблоні через вентиль зменшувався до значення нижче атмосферного. Об'єм його зменшується, в результаті чого існує можливість зняти висушену до рівноважного вологовмісту ковбасну оболонку. Готова продукція складалась та відправлялась на зберігання.

Визначення раціональних параметрів операції локального дублення шарів сировини, що підлягають склеюванню.

Спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок із несортової кишкової сировини складається із операцій, для яких наявна низка зовнішніх керуючих параметрів, таких як:

- конструкційні характеристики пристроїв (розмір шаблону, періодичність накладання сировини, періодичність перфорації порожнистого циліндра);
- умови та параметри передгідролізної обробки (кислотна обробка, концентрація розчину для передгідролізної обробки, тривалість передгідролізної обробки, температура обробки);
- умови та параметри дублення (тривалість дублення, концентрація дубильного розчину, температура обробки);
- параметри сушіння (спосіб зневоднення, температура сушіння).

Ці зовнішні параметри визначають ресурсо- та енергоефективність технології отримання склеєних ковбасних оболонок та якість готової продукції. Серед них слід виділити два зовнішні параметри операції локального дублення шарів сировини, що підлягають склеюванню – тривалість дублення та концентрація дубильного розчину.

Необхідно відмітити, запропонований спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок містить операцію локальної передгідролізної кислотної обробки шарів сировини, що підлягають склеюванню. Ця операція застосовується, по-перше, для прискорення дифузії між шарами кишкової сировини, яка підлягає склеюванню. По-друге, ця операція сприяє скороченню тривалості іншої операції, яка надає необоротних властивостей

шву склеєної ковбасної оболонки щодо збереження своїх властивостей у змочуючій рідині – операції локального дублення.

Виходячи з того, що склеювання ковбасних оболонок таким способом раніше не проводилось, то ці виділені параметри для сировини, яку обрано в дослідженні (несортові яловичі черева), раніше не досліджувались.

Визначення раціональних параметрів дублення проводились шляхом двохфакторного експерименту, де одним фактором є концентрація дубильного розчину, а другим – тривалість дублення.

Критерієм обрання раціональних параметрів локального дублення є розривне навантаження шва між склеєними шарами кишкової сировини. Граничним значенням критерію вважалось розривне навантаження 13 Н/м [34].

Експериментальні дані, які являли собою значення розривного навантаження шва між склеєними кишковими оболонками за різної концентрації дубильного розчину (C) та за різної тривалості дублення (τ), апроксимували функцією виду:

$$P(C, \tau) = a_0 + a_1 \cdot C + a_2 \cdot \tau + a_3 \cdot C^2 + a_4 \cdot \tau^2 + a_5 \cdot C \cdot \tau, \quad (1)$$

де $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ – апроксимаційні коефіцієнти.

Як контроль використовувався зразок шва отриманого локальним дубленням кишкової сировини без проведення передгідролізної обробки сировини.

Значення коефіцієнтів апроксимаційних функцій наведені в табл. 3.1.

Як дубильний розчин використовувався розчин таніну з концентрацією, яка дискретно змінювалась у діапазоні від 1,0% до 2,0%. Тривалість локального дублення для контрольного зразка (зразок без попередньої обробки сировини) змінювалась дискретно в діапазоні від 10 год. до 20 год. Тривалість локального дублення для зразка кишкових оболонок з попередньою локальною передгідролізною кислотною обробкою

змінювалась дискретно в діапазоні від 4 год. до 10 год. Температура, за якої проводили локальне дублення, становила 15–25°C.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти апроксимаційних функцій, отриманих за експериментальними значеннями розривного навантаження шва ковбасних оболонок

Зразок	Значення коефіцієнтів:					
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
без передгідролісної обробки	–26,528	21,833	1,850	–5,333	–0,053	0,1
з передгідролісною кислотною обробкою	–8,463	9,833	2,176	–1,667	–0,102	$8,0 \cdot 10^{-15}$

Поверхня, яка являє собою значення розривного навантаження за різних значень концентрації дубильного розчину та тривалості локального дублення шарів кишкових оболонок без попередньої обробки, наведена на рис. 3.10. Аналогічна залежність для зразка ковбасної оболонки, отримана із застосуванням попередньої локальної передгідролісної кислотної обробки місць склеювання, наведена на рис. 3.11.

Поверхні мають схожий характер: має місце зростання розривного навантаження шва між склеєними кишковими оболонками за збільшення концентрації дубильного розчину та тривалості процесу дублення із досліджуваних діапазонів їх значень. При цьому наявна частина поверхні, як за умови проведеної передгідролісної обробки сировини, так і без обробки, яка знаходиться вище відносно граничного значення розривного навантаження, тобто вище 13 Н/м. Саме ці значення концентрації дубильного розчину та тривалості процесу дублення слід вважати раціональними.

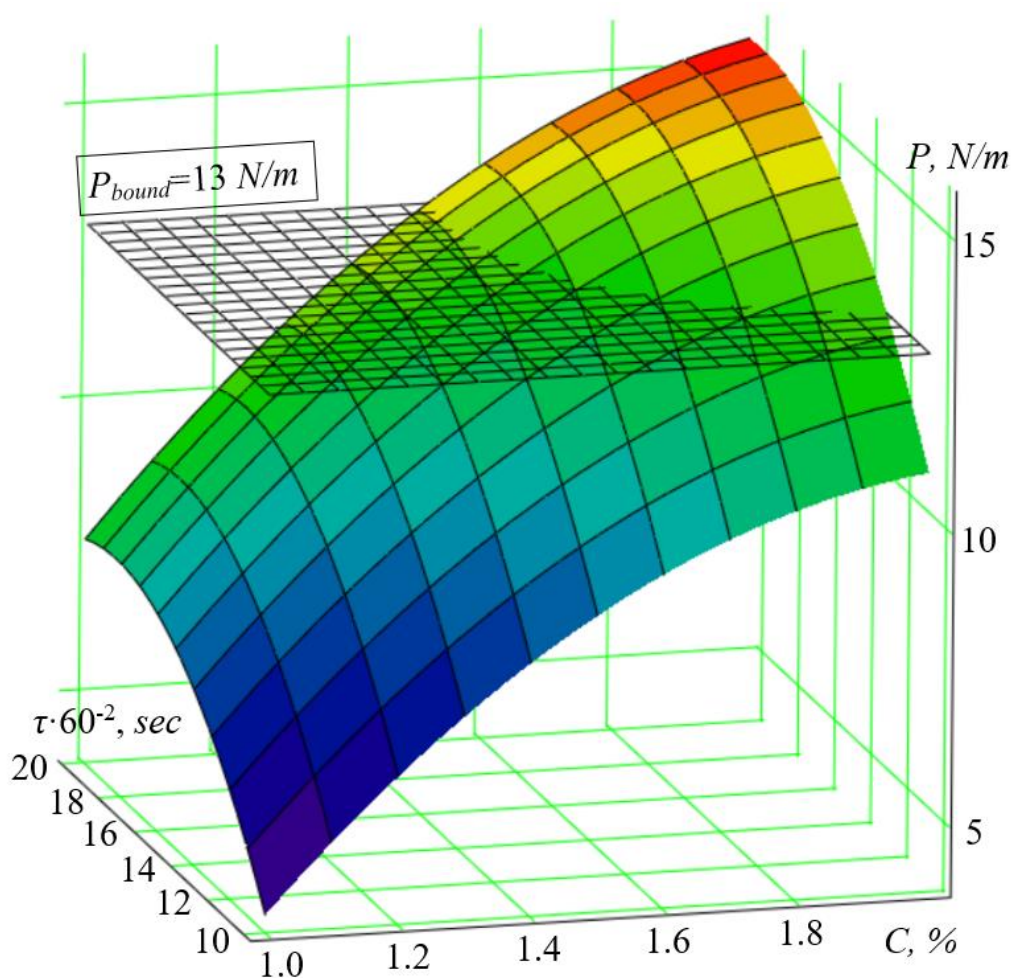


Рисунок 3.10 – Значення розривного навантаження (P) шва між склеєними кишковими оболонками без попередньої передгідролісної обробки за різної концентрації дубильного розчину (C) та за різної тривалості дублення (τ)

Для визначення області раціональних значень цих параметрів отримано рівняння ліній, вздовж яких перетинаються площина паралельна площині $OC \times O\tau$ на рівні 13 Н/м та поверхня значень розривного навантаження за різної концентрації дубильного розчину та різної тривалості дублення. Аналітичний вигляд функцій, які відповідають цим лініям перетину, визначався шляхом прирівнювання апроксимаційних функцій виду (2) рівню площини граничного навантаження (13 Н/м).

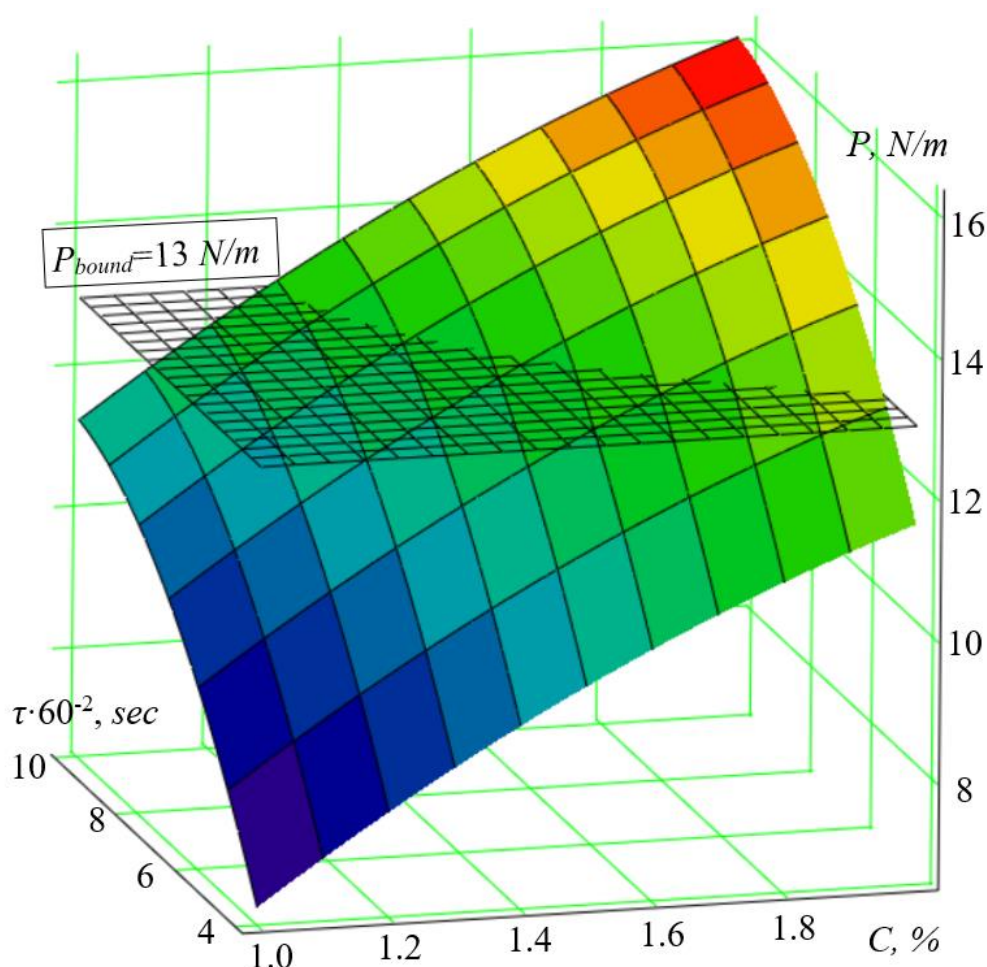


Рисунок 3.11 – Значення розривного навантаження (P) шва між склеєними кишковими оболонками з попередньою локальною передгідролізною кислотною обробкою місць склеювання за різної концентрації дубильного розчину (C) та за різної тривалості дублення (τ)

Далі отримане рівняння розв'язувалось відносно змінної τ , тобто відносно тривалості дублення, та отримувався аналітичний вигляд ліній перетину:

$$C_{lim}(\tau_{lim}) = -(a_1 + a_5 \cdot \tau_{lim}) / (2 \cdot a_3) - (((a_1 + a_5 \cdot \tau_{lim}) / (2 \cdot a_3))^2 - (a_0 + a_2 \cdot \tau_{lim} + a_4 \cdot (\tau_{lim})^2 - 13) / a_3)^{0.5}, \quad (3)$$

де τ_{lim} та C_{lim} – граничні значення тривалості дублення та концентрації дубильного розчину;

$a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ – апроксимаційні коефіцієнти із табл. 3.1.

Області раціональних значень концентрації дубильного розчину та тривалості локального дублення місць склеювання для зразків ковбасних оболонок без попередньої обробки та з локальною передгідролізною кислотною обробкою сировини наведено на рис. 3.12, 3.13, відповідно. Ці області на наведених рисунках виділені штрихуванням.

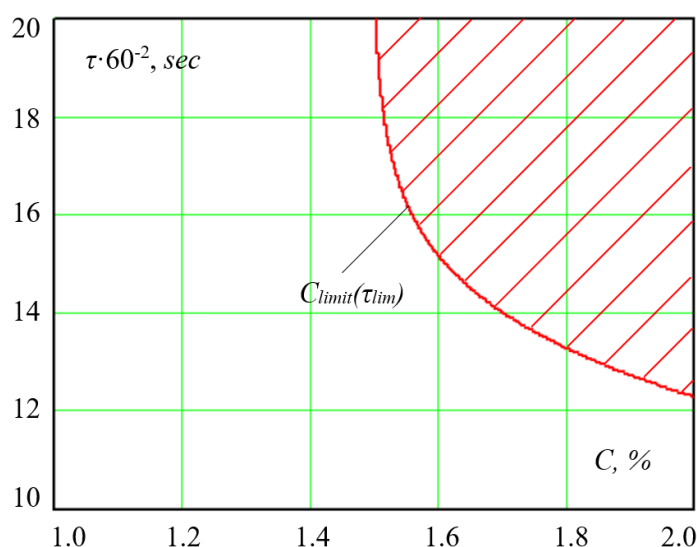


Рисунок 3.12 – Область раціональних значень концентрації дубильного розчину та тривалості локального дублення місць склеювання для зразків ковбасних оболонок без попередньої обробки сировини

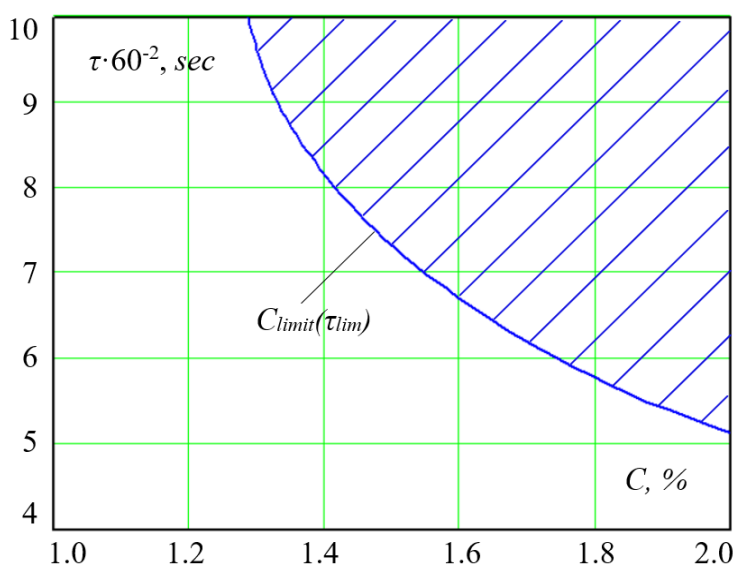


Рисунок 3.13 – Область раціональних значень концентрації дубильного розчину та тривалості локального дублення місць склеювання для зразків ковбасних оболонок з локальною передгідролізною кислотною обробкою сировини

Таким чином, раціональні значення концентрації дубильного розчину та відповідної тривалості локального дублення кишкових оболонок, що підлягають склеюванню, слід обирати із заштрихованих областей, наведених на рис. 3.12, 3.13.

На підставі одержаних даних розроблено спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок із несортової кишкової сировини. У способі застосовується локальна передгідролізна кислотна обробка частин поверхонь шарів сировини, що підлягають склеюванню, з наступним їх притисканням та локальним дубленням місць склеювання (рис. 3.7–3.9).

Спосіб призначений для використання як вихідної сировини несортової кишкової сировини – кишкових оболонок з порушеною цілісністю. Застосування такої сировини для отримання ковбасних оболонок можливе за склеювання різних шарів сировини між собою.

Склеювання досягається завдяки локальному дубленню шарів кишкової сировини, що підлягає склеюванню. Дублення використовується для надання місцю склеювання необоротних властивостей, тобто за наявності такої обробки не відбувається розшарування або розділення місця склеювання. При цьому завдяки локальності дублення зберігаються вихідні властивості сировини, а, саме, пружність та еластичність. Необхідно відмітити, що процес дублення є досить довготривалим та займає час не менше 10–20 год. Для прискорення виконання цієї операції в розробленому способі пропонується застосовувати локальну передгідролізну кислотну обробку шарів сировини, що підлягають склеюванню. Ця операція передусь локальному дубленню.

Локальна передгідролізна кислотна обробка сприяє прискоренню процесу дифузії між шарами кишкових оболонок, що підлягають склеюванню, а також сприяє скороченню тривалості операції локального дублення оброблених таким чином місць склеювання.

Для забезпечення способу склеювання, що пропонується, необхідно, виходячи із результатів дослідження та результатів попередніх досліджень,

навести особливості апаратного забезпечення способу та раціональні значення керуючих параметрів використовуваних операцій.

Розмірні характеристики пристроїв (гумовий шаблон, перфорований порожнистий металевий циліндр), що використовуються в розробленому способі (рис. 3.7), визначаються розмірними характеристиками готової продукції, тобто розміром склеєних ковбасних оболонок. Виходячи із умов, які висуваються до розмірів ковбасної оболонки, підбирають відповідний за розмірами гумовий шаблон та порожнистий циліндр під цей шаблон, які виконуються парами.

Розмітка на гумовому шаблоні під сировину, яка навивається на нього, наноситься відповідно із характерним розміром використовуваної сировини. Вихідною сировиною, що використовувалась в дослідженні були яловичі череві. Ця сировина у розробленому способі застосовується у вигляді смуг з формою, наближеною до прямокутної, з характерними розмірами $a \times b$. Основним характерним розміром вважається ширина смуги, яка визначається властивостями яловичих черев. Цей розмір a лежить у діапазоні 70–100 мм [151]. Виходячи із цього, ширина розмітки з урахуванням того, що смуги накладаються внахлист (ширина напуску 10–15 мм), дорівнює 55–60 мм. Оскільки смуги укладаються по спіралі, то крок спіралі дорівнює ширині розмітки.

Шов на ковбасній оболонці являє собою не суцільну лінію, а низку точок із визначеною відстанню між ними d , які піддавались передгідролізній кислотній обробці та наступному дубленню. Періодичність цих точок визначається періодичністю перфорації на перфорованому порожнистому металевому циліндрі (2 на рис. 3.7). Отвори перфорації нанесені на порожнистому циліндрі по спіралі, при цьому гумовий шаблон вводять в циліндр таким чином, щоб отвори знаходились над напуском шарів сировини один на один. Тобто крок спіралі повинен відповідати кроку спіралі, на яку навивають смуги кишкової сировини. Виходячи із цього, крок спіралі, по якій нанесено перфорацію на порожнистому циліндрі, дорівнює 55–60 мм.

Відстань d між отворами перфорації у спіралі визначається властивостями шва утримувати наповнення для ковбасних виробів. Результати дослідження [151] показують, що для ковбасних виробів з діаметром не більше 100 мм прийнятною є відстань між точками, що утворюють шов ковбасної оболонки, $d=20$ мм. При цьому витікання рідкої фракції наповнення ковбасного виробу відбувається не більше ніж на 7–8% за час 20–30 хв. З огляду на це, рекомендована відстань між центрами отворів у перфорації дорівнює 20 мм, а діаметр цих отворів – 5 мм.

Під час вибору раціональних умов та параметрів локальної передгідролізної обробки кишкової сировини, що підлягає склеюванню, керувались результатами, отриманими в роботі [50]. По-перше, обрано саме кислотну обробку, при цьому обрано у якості робочого розчину розчин молочної кислоти. Концентрація молочної кислоти складала 2,0%. По-друге, за тривалість передгідролізної обробки обрано $\tau_{обр.}=4$ год. у відповідності до попередньо проведених досліджень. При цьому за температуру, за якої відбувається локальна передгідролізна обробка шарів кишкової сировини, обрано температуру виробничого приміщення – 15–25°C.

Раціональні умови та параметри локального дублення місць склеювання між шарами кишкових оболонок обирали, виходячи із результатів отриманих в дослідженні. Рекомендації засновуються на результатах двохфакторного експерименту, де одним фактором є концентрація дубильного розчину (розчину таніну), а другим – тривалість локального дублення. Ці результати показують (рис. 3.10, 3.11), що існують визначені пари значень цих факторів, за яких міцність шва (розривне навантаження шва) є не меншою за граничне значення розривного навантаження шва. Саме це є однією із необхідних функціонально-технологічних умов для склеєних ковбасних оболонок [34]. Ці пари значень концентрації дубильного розчину та тривалості процесу локального дублення формують область значень пар цих факторів, які вважались раціональними (рис. 3.12, 3.13).

Дослідження показують для шва зразка ковбасної оболонки без попередньої передгідролісної обробки, що за концентрації розчину таніну 1,5% раціональна тривалість локального дублення становить 20 год., а для концентрації 2,0% – 12,0–12,5 год. Для зразка із попередньою локальною передгідролісною обробкою місць склеювання раціональна тривалість локального дублення становить 10 год. за концентрації таніну у дубильному розчині – 1,3%, а за концентрації 2,0% – 5,0–5,5 год. Встановлене свідчить про те, що попередня локальна передгідролізна кислотна обробка сприяє скороченню процесу локального дублення більше ніж у два рази.

Очевидно, скорочення тривалості локального дублення, через наявність попередньої передгідролісної обробки, не є визначальним фактором з точки зору енергоефективності, оскільки ця операція не супроводжується значимими енерговитратами. Однак з точки зору раціонального використання сировини слід обирати тривалість процесу дублення меншою із можливих. Кишкова сировина знаходиться під час дублення у вологому стані, при цьому може бути мікробіологічно забрудненою. Внаслідок цього, збільшення часу витримки відносно 15–20 год. може супроводжуватися необоротними змінами вихідних властивостей та втратою якості через ріст мікроорганізмів.

Рекомендованою температурою, за якої проводиться локальне дублення, є температура 15–25°C.

Рекомендовану температуру сушіння обирали, виходячи із результатів, отриманих в дослідженні [66]. Температуру сушильного агента за умови конвективного сушіння ковбасних оболонок, склеєних з використанням розробленого способу, слід обирати із діапазону від 50°C до 60°C.

Таким чином, удосконалено технологію склеєних ковбасних оболонок із несортової кишкової сировини. Спосіб, який лежить в основі цієї технології, відрізняється від існуючих наявністю операцій локальної передгідролісної кислотної обробки, притискання та локального дублення місця склеювання. Завдяки технічній реалізації притискання (під тиском у

перфорованому циліндрі) відбувається формування опукло-випуклих ребер жорсткості. Спосіб не вимагає застосування складного апаратного забезпечення та високої кваліфікації персоналу. Не містить операцій з високими витратами енергії, окрім сушіння, яке є необхідною складовою відомих способів отримання склеєних кишкових оболонок.

Обмеженням дослідження є те, що для локальної передгідролізної обробки використовували лише розчин молочної кислоти, а для дублення – лише розчин таніну. Тобто рекомендовані параметри є раціональними лише для такої комбінації речовин, які використовуються для дублення та передгідролізної обробки.

Недоліком дослідження є те, що у запропонованому способі, очевидно, доцільно застосовувати лише сировину, яка може бути використана у якості смуг із характерними розмірами, один із яких значно більший за інший (яловичі, свинячі, баранячі череві). Застосування коротких смуг, смуг із сумарними характерними розмірами (сировина – синюги, міхури тощо) ускладнене через необхідність додаткових операцій зі склеювання.

Можливою перспективою подальших досліджень є застосування для виконання операцій передгідролізної обробки та дублення інших речовин, окрім тих, які застосовувались в цьому дослідженні, тобто окрім розчинів молочної кислоти та таніну, відповідно.

3.4. Розробка способу та пристрою для склеювання кишкових оболонок із використанням дублення розчином таніну місця склеювання, адгезивних споріднених конструктів та електрофорезу

Сировиною, для якої проводили дані дослідження, були відрізки фабрикатів яловичих черев, оброблених та підготовлених згідно із чинними технологічними інструкціями. Череві були попередньо знежирені та звільнені від слизової оболонки, промиті, засолені та зберігались у вигляді солоного фабрикату. Сировину звільнювали від солі, промивали та

витримували у воді.

Як адгезивний споріднений конструкт, що наноситься на місце склеювання, тобто розміщується між шарами кишкових оболонок, використовували серозні плівки, отримувані в результаті технологічної обробки свинячих кишок.

Оскільки в роботі розробляється спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок, то, очевидно, критерієм якості склеювання кишкових оболонок між собою буде міцність з'єднання до розриву або розшарування. Далі за текстом, місце, яке є поєднанням кишкових оболонок за допомогою склеювання розробленим способом, будемо називати швом. Міцність шва повинна бути близькою до міцності вихідної сировини, тобто одиночного шару кишкової оболонки. Менша міцність шва може привести до порушення цілісності отримуваної ковбасної оболонки. Більша міцність шва порівняно із міцністю вихідної сировини не доцільна, оскільки тягне за собою додаткові матеріальні та енергетичні витрати на отримання цього шва. Таким чином, раціональні параметри процесу отримання шва між шарами кишкової сировини обирались виходячи із умов досягнення відповідної міцності цим швом.

Контрольний зразок обирався відповідно до сировини, шари якої підлягали склеюванню, а саме відповідно до її походження (яловича кишкова сировина) та її виду за частиною відділу кишечника (череві). Тобто контрольний зразок являв собою склеєні природним шляхом два шари кишкової плівки (з фабрику кишок) походження та виду, відповідного до зразків кишкових оболонок, що підлягали склеюванню.

Вихідними умовами під час розробки способу склеювання кишкових оболонок та пристрою для його реалізації були наступні:

– відсутність у технології склеювання, що розробляється, операцій, які тягнуть за собою порушення цілісності сировини (кишкових оболонок), таких, як розрізання, перфорування, пропалювання тощо;

– універсальність обладнання по відношенню до вихідної сировини, що підлягає склеюванню (вид сировини та її походження), та до розмірних характеристик отримуваної готової продукції (ковбасних оболонок);

– простота експлуатації та низькі енергетичні та матеріальні витрати.

Виходячи з поставлених вимог, запропоновано технологію отримання склеєних ковбасних оболонок та пристрій для її реалізації. Принцип дії розробки полягає в наступному.

Основним вузлом під час склеювання шарів кишкових оболонок (рис. 3.14) є вузол 3 для склеювання шарів кишкових оболонок та дублення місця склеювання. До даного вузла приєднується шаблон 1 для ковбасної оболонки. Шаблон для ковбасної оболонки являє собою порожнистий циліндр із діелектричного матеріалу, зовнішня поверхня якого вкрита інертною речовиною (тефлоном). Один кінець шаблону для ковбасних оболонок має роз'єм для приєднання до вузла для склеювання та дублення кишкових оболонок 2.

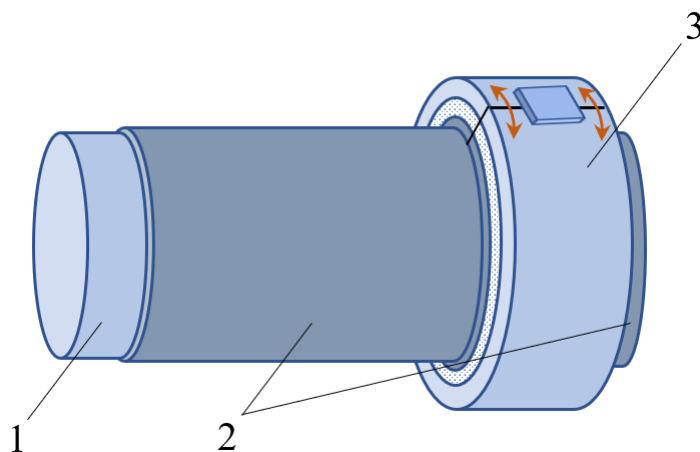


Рисунок 3.14 – Принципова схема пристрою для склеювання кишкових оболонок із застосуванням електрофорезу під час дублення розчином таніну:

1 – шаблон для ковбасної оболонки;

2 – кишкові оболонки, що підлягають склеюванню;

3 – вузол для склеювання шарів кишкових оболонок та дублення місця склеювання

Вузол для склеювання кишкових оболонок та дублення місця склеювання (рис. 3.15) являє собою два коаксіальні циліндри 1 та 3, які виконані із матеріалу з високою електропровідністю. Циліндр 3 – порожнистий. З торцевої сторони внутрішнього циліндру 1 виконано роз'єм 2 для приєднання шаблону для ковбасної оболонки. З торцевої сторони зовнішнього циліндру 3 виконано замок 5 для скріплення частин циліндру. На внутрішній поверхні циліндру 3 нанесено адгезивний споріднений конструкт (серозна плівка) 6. Нагрівальний елемент 8 розташований між циліндрами. Розчин таніну 4 заповнює порожнину між циліндрами. Електричний потенціал подається на циліндри: позитивний на циліндр 1 та негативний на циліндр 3. Діагональні лінії в центрі циліндру 1 вказують на напрям розповсюдження електричного поля.

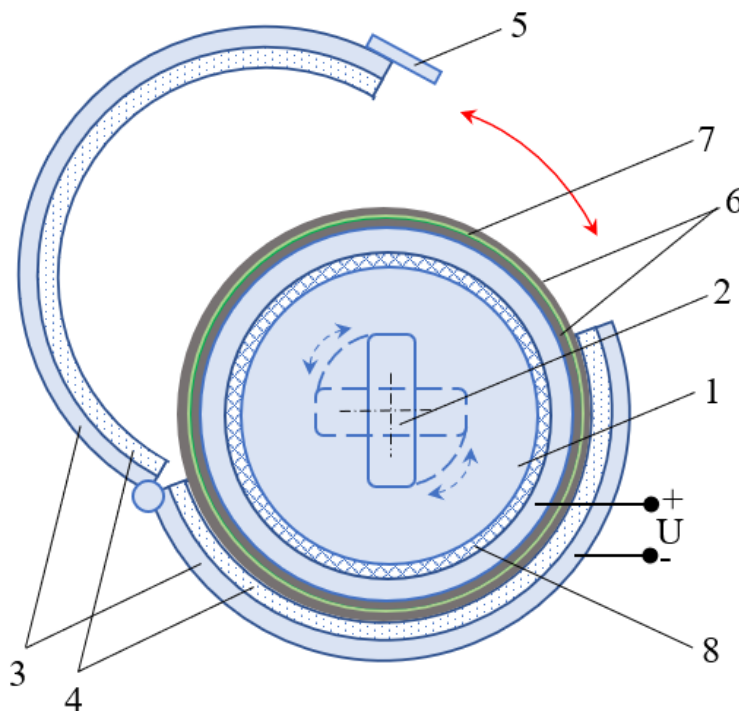


Рисунок 3.15 – Поперечний переріз вузла для склеювання кишкових оболонок із застосуванням електрофорезу під час дублення розчином таніну:

- 1 – внутрішній циліндр, до якого підведений позитивний потенціал;
- 2 – роз'єм для приєднання шаблону для ковбасної оболонки;
- 3 – зовнішній циліндр, до якого підведений негативний потенціал;
- 4 – губка, просочена розчином таніну;
- 5 – замок для скріплення частин зовнішнього циліндру;
- 6 – кишкові оболонки, що підлягають склеюванню;
- 7 – адгезивний споріднений конструкт (серозна плівка), нанесений на місце склеювання;
- 8 – нагрівальний елемент

Всередині циліндру 1 вмонтовано нагрівач 8. Зовнішній циліндр 3 складається з двох половин таким чином, що існує можливість відкривання його вздовж діаметру та від'єднання від внутрішнього циліндру 1. Для скріплення частин зовнішнього циліндру передбачений замок 5. Вся внутрішня поверхня цього циліндра вкрита губкою 4 із капілярно-пористого матеріалу, який володіє властивістю змочуватись розчином таніну.

Функціонує вузол для склеювання кишкових оболонок та дублення місця склеювання наступним чином. До цього вузла за допомогою роз'єму 2 (рис. 3.15) приєднують шаблон для ковбасних оболонок 1 (рис. 3.14). При цьому зовнішній циліндр попередньо від'єднують.

Кишкову оболонку натягують зі сторони вузла для склеювання та дублення на шаблон. Діаметри шаблону для ковбасних оболонок, внутрішнього та зовнішнього циліндрів вузла для склеювання кишкових оболонок та дублення місця склеювання обирається відповідно до вихідної сировини. Мається на увазі походження сировини (яловичі, баранячі, свинячі) та її вид за частиною відділу кишечника (череві, круги, синюги, міхури тощо). Вільний кінець кишкової оболонки або її пошкоджена частина є ділянкою, що підлягає склеюванню. Розміщують цю ділянку таким чином (рис. 3.16), щоб вона знаходилась на поверхні внутрішнього циліндра вузла для склеювання та дублення.

Далі частину кишкової оболонки 6 (з рис. 3.15, 3.16), яка підлягає склеюванню з іншою кишковою оболонкою або частиною тієї ж кишкової оболонки, вкривають серозною плівкою 7 (з рис. 3.15, 3.16). Склеювання з іншою кишковою оболонкою проводиться у разі склеювання вільних кінців різних кишкових оболонок. Склеювання частин однієї і тієї ж оболонки проводиться у разі порушення її цілісності. Після цього на підготовану таким чином ділянку, що підлягає склеюванню, натягують або вільний кінець (у разі склеювання вільних кінців різних кишкових оболонок), або частину тієї ж оболонки (у разі склеювання частин однієї і тієї ж оболонки через

порушення її цілісності). Далі вмикають нагрівач 8 (з рис. 3.15, 3.16), вмонтований у циліндр 1, та зневоднюють місце склеювання.

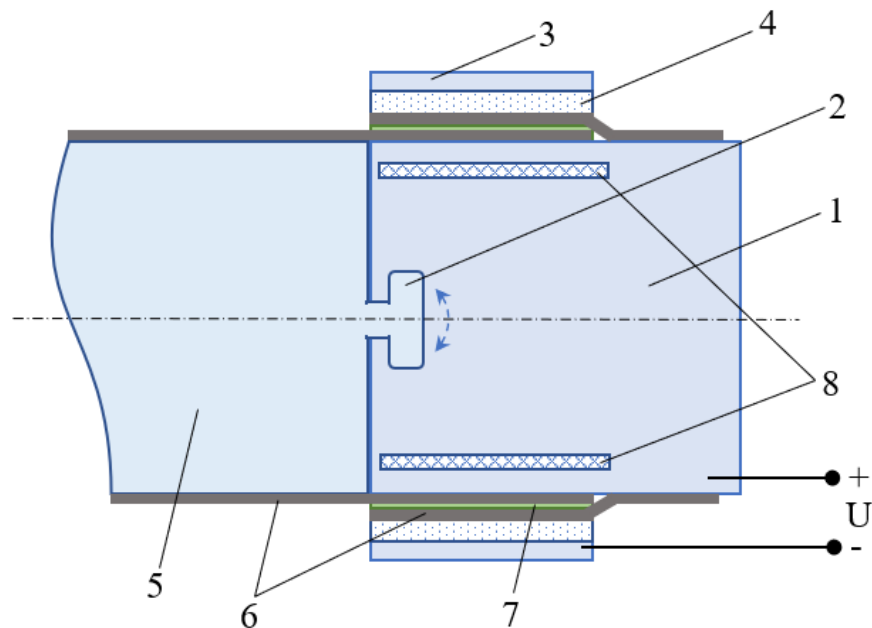


Рисунок 3.16 – Поздовжній переріз вузла для склеювання кишкових оболонок із застосуванням електрофорезу під час дублення розчином таніну:

- 1 – внутрішній циліндр, до якого підведений позитивний потенціал;
- 2 – роз'єм для приєднання шаблону для ковбасної оболонки; 3 – зовнішній циліндр, до якого підведений негативний потенціал;
- 4 – губка, просочена розчином таніну;
- 5 – шаблон для ковбасної оболонки;
- 6 – кишкові оболонки, що підлягають склеюванню;
- 7 – адгезивний споріднений конструкт (серозна плівка), нанесений на місце склеювання;
- 8 – нагрівальний елемент

Після зневоднення місця склеювання над ним фіксують зовнішній циліндр 3 (з рис. 3.15, 3.16) за допомогою замка 5 (з рис. 3.15). Губку 4 (з рис. 3.15, 3.16), що вкриває внутрішню поверхню зовнішнього циліндра 3, попередньо змочують розчином таніну визначеної концентрації. Відстань

між внутрішнім та зовнішнім циліндрами вузла для склеювання та дублення підбирається таким чином, що за умови фіксації частин зовнішнього циліндра шари кишкових оболонок щільно притискаються одна до одної.

Наступним етапом є дублення шарів кишкової сировини розчином таніну, де для прискорення процесу застосовується електрофорез. Оскільки танін має негативний заряд, то прикладання різниці потенціалів буде сприяти прискоренню дифузії цих частинок в речовину. Виходячи з цього, до внутрішнього циліндру прикладають визначений позитивний потенціал, а до зовнішнього – визначений негативний. Після визначеної тривалості експозиції зовнішній циліндр знімають та пересувають склеєні кишкові оболонки по шаблону для ковбасної оболонки. Операцію зі склеювання оболонок повторюють до повного покриття шаблону для ковбасних оболонок склеєними кишковими оболонками. Далі шаблон від'єднують від вузла для склеювання та дублення і відправляють отриману ковбасну оболонку на шаблоні у сушильну шафу (рис. 3.17) для зневоднення.

Сушіння вологих ковбасних оболонок на шаблонах проводять у сушильній шафі конвективним способом (рис. 3.17). Одна зі стінок сушильної камери 1 обладнана роз'ємами для під'єднання шаблонів 7 з надітими на них вологими ковбасними оболонками. Після заповнення сушильної камери вологою сировиною щільно закривають розсувні двері 6 та вмикають електродвигун 3, який приводить у обертальний рух гвинт равлика 2, що нагнітає повітря у сушильну камеру. У повітроводі 4 розміщений блок електрокалориферів, за допомогою яких здійснюється підігрівання сушильного агента (повітря в сушильній камері). Підігріте повітря є тепло- та масоносієм. Відпрацьоване повітря надходить у повітровід 5 для рециркуляції з конденсатовідвідником. В повітропроводі відпрацьоване повітря частково осушується та надходить у отвір равлика для всмоктування. Це надає можливість часткового використання відпрацьованої теплоти, що сприяє підвищенню енергоефективності процесу сушіння.

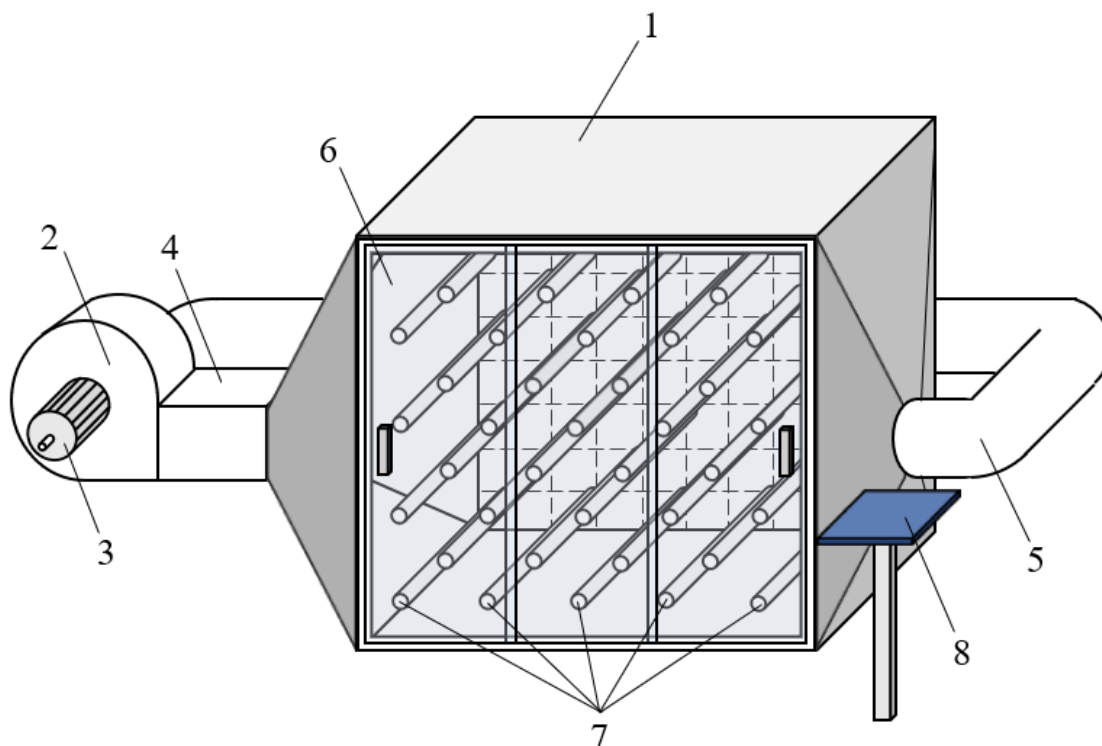


Рисунок 3.17 – Принципова схема сушарки для зневоднення ковбасних оболонок на шаблонах:

- 1 – сушильна камера;
- 2 – равлик для нагнітання повітря у сушильну камеру;
- 3 – електродвигун гвинта равлика;
- 4 – повітровід з блоком електрокалориферів;
- 5 – повітровід для рециркуляції повітря з конденсатовідвідником;
- 6 – зсувні прозорі двері сушильної камери;
- 7 – шаблони з ковбасними оболонками;
- 8 – планшет пульта керування

Для керування параметрами сушіння (температурою сушильного агенту, його швидкістю) передбачений пульт керування 8. Для спостереження за процесом зневоднення та його візуального контролю зсувні двері 6 сушильної камери виконані із прозорого матеріалу з низькою теплопровідністю.

Визначення раціональних параметрів дублення місця склеювання між шарами кишкових оболонок

Запропонована технологія ковбасних оболонок із кишкової сировини із застосуванням електорофорезу містить низку операцій, а саме:

- підготовка до склеювання фабрикатів черев (різного походження та виду);
- підготовка місця склеювання із застосуванням адгезивного спорідненого конструкту;
- приведення у безпосередній контакт шарів кишкових оболонок, що підлягають склеюванню;
- зневоднення місця склеювання;
- дублення місця склеювання розчином таніну з використанням електрофорезу для прискорення цього процесу;
- сушіння отриманих ковбасних оболонок.

Тут слід виділити процес, який містить запропонований спосіб та наявність якого відрізняє його від відомих способів склеювання кишкових оболонок. Цим процесом є процес дублення розчином таніну, прискорений завдяки застосуванню електрофорезу. В роботі [43] детально досліджено процес дублення кишкової сировини розчином таніну, визначено раціональні значення його концентрації та раціональну тривалість експозиції місця склеювання. Однак в запропонованому способі для прискорення процесу дублення не застосовується електрофорез. Тому необхідно дослідити вплив параметрів цього процесу на процес дублення. Тобто необхідно визначити раціональну різницю потенціалів, яка прикладається до електродів, та раціональну тривалість експозиції місця склеювання за даної різниці потенціалів.

Критерієм, за яким проводився пошук раціональної різниці потенціалів між електродами під час електрофорезу та раціональної тривалості експозиції місця склеювання, було розривне навантаження шва між склеєними кишковими оболонками до розриву або розшарування.

Розривне навантаження шва між склеєними кишковими оболонками визначалось для різної різниці потенціалів (U) та для різної тривалості експозиції (τ) місця склеювання. Різниця потенціалів U при цьому змінювалась дискретно від 50 В до 100 В за постійної сили струму 50 мА, а тривалість експозиції τ – від 10 хв. до 30 хв.

Детально розглянуто приклад визначення раціональних різниці потенціалів, яка прикладається до електродів, та тривалості експозиції місця склеювання для зразків кишкових оболонок із яловичих черев.

Експериментальні дані, які являли собою значення розривного навантаження шва між склеєними кишковими оболонками за різної різниці потенціалів (U) та за різної тривалості експозиції (τ) місця склеювання, апроксимувались функцією виду:

$$P(U, \tau) = a_0 + a_1 \cdot U + a_2 \cdot \tau + a_3 \cdot U^2 + a_4 \cdot \tau^2 + a_5 \cdot U \cdot \tau, \quad (4)$$

де $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ – апроксимаційні коефіцієнти.

Область значень отриманої апроксимаційної функції у вигляді поверхні наведена на рис. 3.18. На цьому ж рисунку також наведена площина, паралельна до площини $OU \times O\tau$, яка відповідає граничному розривному навантаженню P_{bound} . Значення P_{bound} – це навантаження, величина якого відповідає достатній міцності шва для склеєних ковбасних оболонок із яловичих черев, як відмічено в роботі [43]. Тобто за значення розривного навантаження менше, ніж $P_{bound} = 13$ Н/м, ковбасна оболонка, яку отримано склеюванням кишкової сировини (яловичих черев), буде з точки зору функціонально-технологічних властивостей недостатньо міцною. Виходячи з цього, слід обирати раціональні параметри електрофорезу під час дублення розчином таніну місця склеювання (різницю потенціалів та тривалість експозиції) із діапазону, який відповідає значенням розривного навантаження, що знаходиться вище площини P_{bound} .

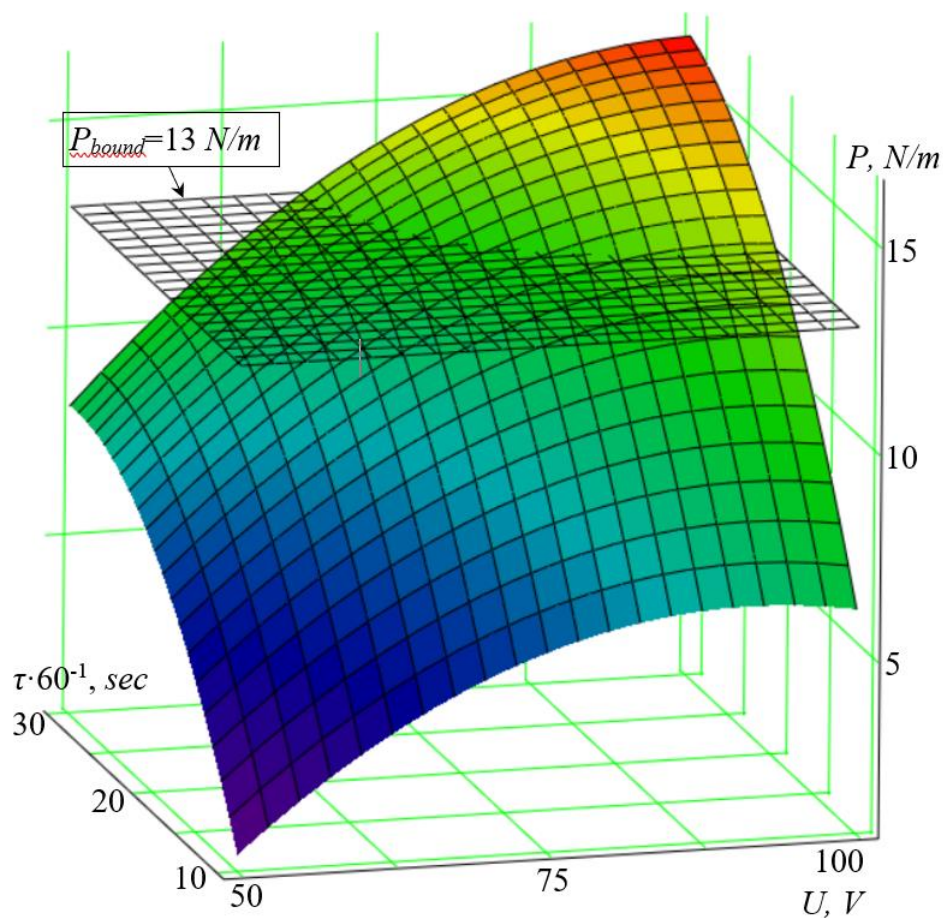


Рисунок 3.18 – Область значень розривного навантаження шва (P) між склеєними кишковими оболонками (на прикладі яловичих черев) за різної різниці потенціалів (U) та за різної тривалості експозиції (τ) місця склеювання під час дублення з використанням електрофорезу

Технологічні операції в розробленому способі отримання ковбасних оболонок із кишкової сировини із застосуванням електорофорезу не є довготривалими. Виходячи з цього, під час обрання раціональних параметрів електрофорезу орієнтувались на найменшу тривалість експозиції місця склеювання. Найменша тривалість експозиції місця склеювання, виходячи із лінії перетину площин, наведених на рис. 3.18, відповідає найбільшій різниці потенціалів між електродами, тобто $U=100$ В.

На рис. 3.19 наведено січну області значень розривного навантаження шва між склеєними кишковими оболонками (на прикладі яловичих черев) за різниці потенціалів $U=100$ В.

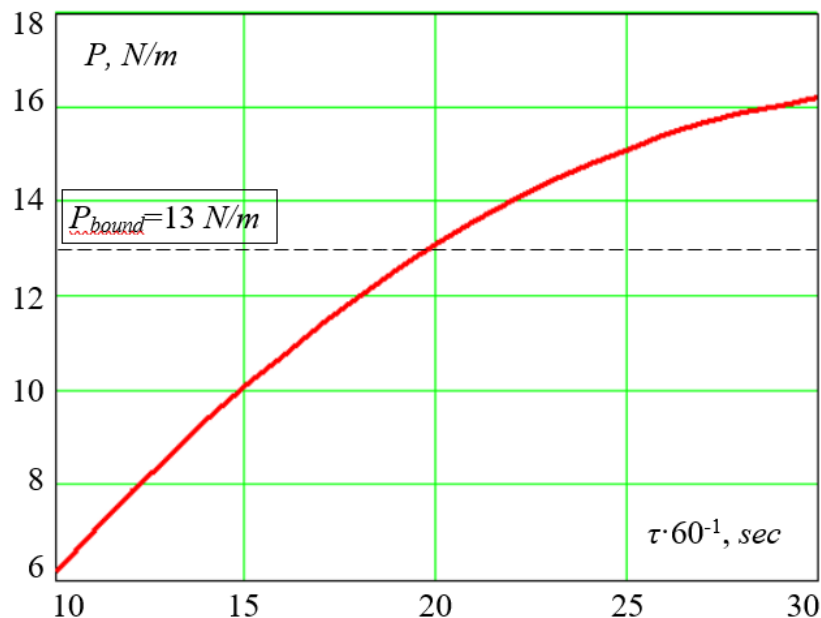


Рисунок 3.19 – Зміна розривного навантаження шва між склеєними кишковими оболонками (на прикладі яловичих черев) за різної тривалості експозиції місця склеювання під час дублення з використанням електрофорезу за різниці потенціалів $U=100$ В

З рис. 3.19 видно, що мінімальна тривалість експозиції місця склеювання, яка відповідає розривному навантаженню шва між склеєними кишковими оболонками не менше 13 Н/м за різниці потенціалів $U=100$ В, дорівнює 20 хв. Таким чином, раціональними параметрами електрофорезу під час дублення розчином таніну місця склеювання між кишковими оболонками із яловичих черев слід вважати різницю потенціалів $U=100$ В та тривалість експозиції місця склеювання $\tau=20$ хв. При цьому місце склеювання перед дубленням вкривали адгезивним спорідненим конструктом (серозною плівкою).

В роботі аналогічним чином визначені раціональні параметри електрофорезу під час дублення розчином таніну місця склеювання між

кишковими оболонками із баранячих та свинячих черев із використанням адгезивного спорідненого конструкту (серозної плівки). Отримані результати наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Раціональні параметри електрофорезу під час дублення розчином таніну місця склеювання між кишковими оболонками із сировини різного походження

Ковбасна оболонка із:	Різниця потенціалів між електродами, В	Тривалість експозиції місця склеювання $\tau \times 60^{-1}$ с
яловичих черев	100	20
баранячих черев	100	17
свинячих черев	100	17

Наведені результати відрізняються для сировини різного походження за тривалістю експозиції місця склеювання.

На підставі одержаних результатів розроблено технологію склеєних ковбасних оболонок із кишкової сировини, що може бути застосована не лише для яловичої сировини (черев яловичих), а й для сировини різного походження та виду. Ця технологія відрізняється від відомих застосуванням способу склеювання кишкових оболонок із використанням адгезивного спорідненого конструкта та електрофорезу під час дублення.

Склеювання ковбасних оболонок за цього способу полягає у з'єднанні між собою країв різних кишкових оболонок або пошкоджених ділянок однієї і тієї ж кишкової оболонки. При цьому між шарами склеюваних кишкових оболонок, як клеюча речовина, яка також сприяє кращому контакту між ними, використовується адгезивний споріднений конструкт (серозна плівка). Для надання отриманому шву відповідної міцності застосовують зневоднення місця склеювання та дублення розчином дубильної речовини (таніну), де для прискорення даного процесу застосовують електрофорез. Саме ці технологічні прийоми роблять запропонований спосіб таким, який не призводить до порушення цілісності вихідної сировини, і, як наслідок, сприяє

цілісності, а, відповідно, і підвищенню якості кінцевої продукції – ковбасної оболонки. Крім цього, така продукція за зовнішнім виглядом наближена до ковбасних оболонок із сировини, цілісність якої не порушена, тобто сировини, яка не належить до відходів.

Запропонований спосіб склеювання може бути застосований під різну вихідну сировину, тобто сировину різного походження (яловичі, баранячі, свинячі) та її виду за частиною відділу кишечника (череві, круги, синюги, міхури тощо). Вид та походження вихідної сировини визначають габаритні розміри шаблону (рис. 3.14) та вузла (рис. 3.15, 3.16) для склеювання кишкових оболонок із застосуванням електрофорезу під час дублення розчином таніну, а саме їх діаметр та довжину. Походженням та видом сировини також визначаються раціональні параметри електрофорезу під час дублення – різниця потенціалів, яка прикладається до електродів, та тривалість експозиції місця склеювання. Однак через обмежений асортимент вихідної сировини слід очікувати на невисокий рівень матеріальних витрат для технічного забезпечення способу та пристрою для отримання склеєних ковбасних оболонок.

Необхідно відмітити, що операції з підготовки вихідної сировини, склеювання, дублення та сушіння склеєних ковбасних оболонок не вимагають від персоналу спеціальної кваліфікації. Це свідчить про простоту запропонованого способу.

Виходячи з цього, слід вважати, що розроблений спосіб задовольняє вихідним вимогам, поставленим до нього.

Вихідна сировина для виготовлення склеєних ковбасних оболонок за розробленим способом склеювання підготовлюється згідно із чинними технологічними інструкціями. Розмір шаблону для ковбасної оболонки обирається відповідно до вихідної сировини, а вузол для склеювання кишкових оболонок – відповідно до розміру шаблону для ковбасної оболонки.

Місце склеювання вкривалось серозною плівкою товщиною шару не більше 0,5 мм. Контроль за товщиною шару, щільністю та ретельністю покриття місця склеювання проводився візуально.

Під час дублення за умови відсутності будь-яких методів, прискорюючих цей процес, тривалість експозиції місця склеювання має бути не менше 10–12 год. [34; 43]. За такої тривалості експозиції досягається мінімальна міцність шва отримуваних ковбасних оболонок з точки зору їх функціонально-технологічних властивостей [43]. При цьому концентрація розчину дубильної речовини, у якості якої використовувався танін, дорівнювала 1,5 %. Однак накладання відповідної за полярністю різниці потенціалів на електроди, між якими знаходяться шар серозної плівки між шарами кишкових оболонок, що підлягають склеюванню, дозволяє прискорити дифузію дубильної речовини в місце склеювання.

Як показують дослідження, на прикладі свинячих, баранячих та яловичих черев (а, саме частин тонкого кишківника цих тварин) існує можливість скоротити процес дублення до 17–20 хв (табл. 3.2). При цьому використовується розчин таніну концентрацією 3,0%. Досягається така тривалість процесу дублення, по-перше, завдяки використанню серозної плівки (адгезивного спорідненого конструкту) як клеючої речовини, що також сприяє кращому контакту між ними. По-друге, спосіб передбачає використання електрофорезу для збільшення швидкості дифузії таніну, що має заряд, у місце, яке підлягає дубленню. При цьому концентрація таніну збільшена у 2 рази з метою збільшення кількості носіїв заряду у розчині.

Дослідження (на прикладі яловичих черев) показують (рис. 3.18), що існують значення різниці потенціалів та тривалості експозиції місця склеювання, за яких досягається відповідна міцність отриманого шва між кишковими оболонками. Для вихідної сировини під дією найбільшої різниці потенціалів ($U=100$ В) та найбільшої сили струму ($I=50$ мА), які технічно може забезпечити пристрій для проведення електрофорезу, механічних пошкоджень не відбувалось. Виходячи з цього, раціональне значення різниці

потенціалів обиралось максимально можливим. Крім того, обрання різниці потенціалів між електродами максимально можливою обумовлювалось прагненням до зменшення тривалості експозиції місця склеювання (рис. 3.19).

Результатом дослідження процесу дублення місця склеювання між шарами кишкових оболонок з використанням електрофорезу є раціональні значення різниці потенціалів між електродами та тривалості експозиції місця склеювання (табл. 3.2). В табл. 3.2 наведено раціональні параметри електрофорезу під час дублення розчином таніну місця склеювання між кишковими оболонками із наступної сировини (частини тонкого кишківника): череві свинячі, череві баранячі, череві яловичі. Отримані результати відрізняються значенням тривалості експозиції місця склеювання. Так, для черев синячих та баранячих тривалість експозиції складає 17 хв., а для яловичих черев – 20 хв. Відмінності, імовірно, у цих значеннях обумовлені товщиною шару вихідної сировини: баранячі та свинячі череві звільняють за технологією від усіх баластних шарів, залишаючи лише підслизовий, а яловичі череві – ні, залишаючи м'язовий шар. Поряд з іншими чинниками, очевидно, саме це є причиною більшої товщини яловичих черев і, як наслідок, більшої тривалості експозиції місця дублення.

Сушіння отримуваних ковбасних оболонок, яке описується у різних роботах зі зневоднення колагеновмісної сировини [43], проводилось конвективним способом. Температура сушіння при цьому становила 50–60°C, а тривалість – 15–20 хв.

Таким чином, запропоновано технологію склеєних ковбасних оболонок із кишкової сировини, яку відносять до незатребуваних залишків та відходів. Технологія відрізняється від відомих аналогічних технологій [34; 43] застосуванням способу склеювання кишкових оболонок з використанням адгезивного спорідненого конструкта та електрофорезу під час дублення. Запропонований спосіб склеювання та пристрій для його реалізації

дозволяють уникнути порушення цілісності сировини, універсальні по відношенню до неї та прості в експлуатації.

Недоліком дослідження є те, що обладнання для забезпечення електрофорезу має обмеження за потужністю, тобто обмежений діапазон змін прикладеної до електродів різниці потенціалів (<100 В). Очевидно, збільшення різниці потенціалів, що прикладається до електродів під час дублення, буде сприяти скороченню тривалості експозиції місця склеювання між шарами кишкових оболонок. Однак, через обмежені технічні можливості застосовуваного для електрофорезу обладнання відсутні експериментальні дані щодо більших значень різниці потенціалів.

Обмеженням дослідження є те, що раціональні параметри електрофорезу, який використовується для прискорення процесу дублення, визначені тільки для свинячих, баранячих та яловичих черев, а саме частин лише тонкого кишківника цих тварин. Тобто відсутні дослідження щодо раціональних параметрів електрофорезу під час дублення таких частин, як синюга, міхур, круг, прохідник тощо. Це є перспективою подальших досліджень.

3.5. Дослідження формування функціонально-технологічних (гігроскопічних, пружно-пластичних) властивостей, кінетики зневоднення плівок із кишкової сировини під час їх сушіння залежно від варіювання температурного впливу

Дане дослідження включало: визначення гігроскопічних властивостей плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, отриманої за різної температури сушіння; вивчення впливу способу фасування багатофункціональної плівки, отриманої сушінням за різної температури, та способу виготовлення ковбасних оболонок із неї на цілісність готової продукції; визначення пружно-пластичні властивості багатофункціональної плівки із кишкової сировини, сушіння якої проводили за різної температури;

визначення кінетики зневоднення плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини кондуктивним способом сушіння за різної температури організації процесу [66].

Сировиною, для якої проводили дослідження, була волога плівка багатофункціонального призначення, отримана зшиванням способом теплової коагуляції фабрикатів яловичих черев. Фабрикати яловичих черев попередньо були оброблені та підготовлені згідно із чинними технологічними інструкціями. Тобто вихідна сировина являла собою відділені яловичі черева, які були попередньо знежирені та очищені від слизової оболонки, промиті, засолені та зберігались у вигляді солоного фабрикату. У разі використання солоної сировини її звільняли від солі, промивали та витримували у воді. Перед зшиванням відрізки фабрикатів, які являють собою тіла, наближені до порожнистих циліндрів, розрізалися в повздовжньому напрямку. Таким чином отримували зразки (смуги), за геометричною формою наближені до прямокутника. Далі смуги із фабрикатів яловичих черев зшивали способом теплової коагуляції, як описано вище, та отримували таким чином вологу плівку багатофункціонального призначення.

Функціонально-технологічні властивості плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, які суттєвим чином формуються під час сушіння, це – властивості сушеної сировини поглинати вологу із оточуючого середовища під час зберігання, пружність висушеної продукції під час її фасування, пружність під час виготовлення ковбасних оболонок із неї, еластичність після відновлення. Саме формування під час сушіння цих функціонально-технологічних властивостей плівки досліджувались у цій частині роботи.

Вихідна сировина (зшита волога плівка із кишкової сировини), яка підлягає сушінню, являє собою, з точки зору своїх фізичних властивостей, колоїдне капілярно-пористе тіло. Така сировина має капілярну будову, однак, стінки капілярів мають властивість суттєвим чином змінювати свої розміри за зміни вмісту води.

Для зневоднення таких колоїдних капілярно-пористих тіл застосовують різні способи сушіння, серед яких найчастіше зустрічаються конвективний та кондуктивний способи.

В роботі розглядається процес зневоднення кишкової сировини до кінцевого вологовмісту способом кондуктивного сушіння [152; 153]. Обумовлено це способом отримання вологої плівки із кишкової сировини, а, саме, способом зшивання фабрикатів черев, які є вихідною сировиною. Саме використання кондуктивного способу сушіння надає можливість використовувати апарат для зшивання кишкової сировини і для сушіння плівки, отриманої після зшивання.

На першому етапі роботи були проведені дослідження гігроскопічних властивостей плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, отриманої за різної температури сушіння

Гігроскопічні властивості, тобто здатність сушеної продукції віддавати або поглинати пару води з навколишнього середовища, у значному ступені залежать від умов, за яких проводилось зневоднення. Оскільки в роботі обрано кондуктивний спосіб сушіння, то основним чинником, який впливає на гігроскопічні властивості сушеної продукції є температура нагрівальних поверхонь. Ці властивості можуть змінюватись через необоротні зміни в складі сировини, що підлягає сушінню, через різний температурний вплив на неї з боку нагрівальних поверхонь [154].

Важливим тут є те, що гігроскопічні властивості визначають умови та терміни зберігання сушеної продукції. Якщо парціальний тиск пари води біля поверхні продукту більше парціального тиску пари в повітрі, то відбувається випар (десорбція). Маса й вологовміст зразка при цьому зменшуються. Якщо ж співвідношення парціальних тисків зворотне, то відбувається зволоження зразка (сорбція) – його маса і вологовміст збільшуються.

Оскільки сушена продукція має низький вологовміст, а, саме 0,09...0,10 відн.од., то, очевидно, під час перебування в атмосфері буде превалювати процес сорбції. Кінцевий вологовміст зразків

багатофункціональної плівки, отриманих за різної температури сушіння із діапазону 40–70°C, однаковий, однак, здатність поглинати вологу із атмосфери може відрізнятися.

Для вивчення сорбції зразків сушеної продукції використовували тензометричний метод. Експериментальні точки апроксимувались поліноміальними функціями виду:

$$w(\varphi) = b_0 + b_1 \cdot \varphi + b_2 \cdot \varphi^2 + \dots + b_n \cdot \varphi^n, \quad (5)$$

де w – поточний вологовміст, кг/кг сух.реч.;

n – ступінь полінома;

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ – апроксимаційні коефіцієнти.

Під ізотермами сорбції досліджуваних зразків багатофункціональної плівки розумілись саме ці апроксимаційні функції (рис. 3.20).

Отримані ізотерми сорбції зразків багатофункціональної плівки із кишкової сировини, сушіння якої проводили за температури із діапазону від 40°C до 70°C, мають однаковий характер (рис. 3.20). Наявні три характерні ділянки які відповідають різним видам зв'язку системної води із сухими речовинами досліджуваних зразків. Ці ділянки відповідають різному нахилу частин ізотерм сорбції до осі, на якій відкладено відносну вологість повітря.

Графічно ці три ділянки можна відокремити шляхом апроксимації експериментальних даних лінійною функцією виду:

$$w(\varphi) = c_0 + c_1 \cdot \varphi, \quad (6)$$

де c_0, c_1 – апроксимаційні коефіцієнти.

При цьому коефіцієнт c_1 являє собою тангенс кута нахилу (α) ділянки ізотерми сорбції до осі, на якій відкладено відносну вологість. Значення тангенсу кутів нахилу різних ділянок ізотерм сорбції зразків

багатофункціональної плівки, сушіння якої проводили за температур із діапазону від 40°C до 70°C, наведено в табл. 3.3.

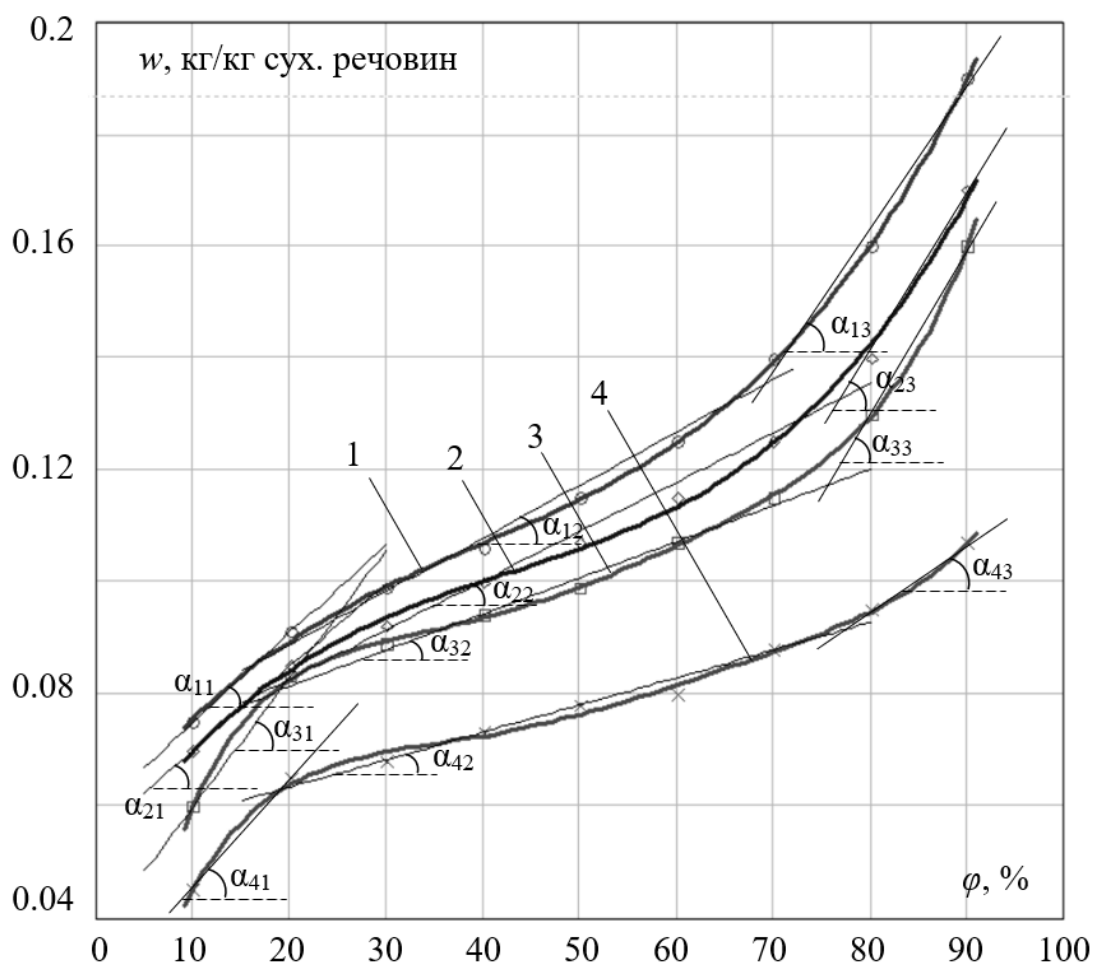


Рисунок 3.20 – Ізотерми сорбції зразків багатофункціональної плівки із кишкової сировини, сушіння якої проводили за температури, °C:

1 – 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70

Таблиця 3.3 – Значення тангенсу кутів нахилу різних ділянок ізотерм сорбції зразків багатофункціональної плівки

Температура сушіння зразка багатофункціональної плівки	Тангенс кута нахилу ділянки ізотерми сорбції		
	α_{i1}	α_{i2}	α_{i3}
40°C ($i=1$)	0,159	0,095	0,245
50°C ($i=2$)	0,149	0,088	0,291
60°C ($i=3$)	0,226	0,065	0,293
70°C ($i=4$)	0,221	0,049	0,119

Виділені частини ізотерм сорбції відповідають мономолекулярній сорбції системної води (кут α_{i1}), її полімолекулярній сорбції (кут α_{i2}) та заповненню системною водою мікрокапілярів (кут α_{i3}).

В області мономолекулярної сорбції всі зразки перебувають за відносної вологості повітря від 10% до 20%. В області полімолекулярної сорбції зразки, сушіння яких проводилось за температури 40°C, 50°C та 60°C, перебувають за відносної вологості повітря від 20% до 70%. Щодо зразка, сушіння якого проводили за температури 70°C, то в області полімолекулярної сорбції він знаходиться за відносної вологості від 20% до 75...80%. Ця відмінність свідчить про можливість його зберігання за відносної вологості повітря 75–80%. Що ж стосується інших трьох зразків (температура сушіння 40°C, 50°C та 60°C), то їх зберігання можливе лише за відносної вологості повітря не більше 70%.

При подальшому збільшенні вологості відбувається поглинання вологи мікрокапілярами. При цьому тангенси кута нахилу ізотерм сорбції для зразків, сушіння яких проводилось за температури 40°C, 50°C та 60°C, більше, ніж у 2 рази, перевищують тангенс кута нахилу ізотерми сорбції зразка, сушіння якого проводили за температури 70°C. Це свідчить про менш розвинуту систему мікрокапілярів у останньому зразку (температура сушіння 70°C).

Слід відмітити, що найбільшу кількість вологи із повітря поглинає зразок, сушіння якого проводили за температури 40°C. Далі за кількістю поглинутої вологи слідує зразок, сушіння якого проводили за температури 50°C та 60°C. Найменшу кількість вологи із повітря поглинає зразок, сушіння якого проводили за температури 70°C. Оскільки вихідною сировиною для досліджуваних зразків була одна і та ж кишкова сировина, то це, очевидно, свідчить про зміну її структури під час сушіння через різний температурний вплив. Тобто збільшення температури сушіння сприяє зменшенню ступеня розвинення пористості отримуваної сушеної продукції.

Таким чином, дослідження гігроскопічних властивостей зразків, сушіння яких проводили за температури із діапазону від 40°C до 70°C, показують, що збільшення температури сушіння сприяє зменшенню кількості вологи, яку зразок поглинає із оточуючого середовища. Встановлено діапазони відносної вологості повітря, за якої можливе зберігання сушеної продукції у паропроникному упакованні. Так сушену продукцію, сушіння якої проводили за температури 40°C, 50°C та 60°C, можна зберігати без втрати якості у паропроникному упакованні за відносної вологості не більше 70%. Зберігання багатофункціональної плівки, сушіння якої проводили за температури 70°C, можливе за відносної вологості повітря не більше 75–80%. За збільшення вологості повітря відносно означених діапазонів зберігання багатофункціональної плівки можливе в паронепроникному упакованні.

Слід відмітити, що з точки зору збереження багатофункціональної плівки, її температуру сушіння слід обирати найбільшою із діапазону, який розглядався.

На другому етапі роботи досліджено механічний вплив на плівку багатофункціонального призначення із кишкової сировини після сушіння таких операцій, як фасування цієї продукції та виготовлення ковбасних оболонок із неї.

Готова продукція, яка отримується за розробленою технологією, являє собою нескінченну стрічку визначеної ширини. Відповідно до способу отримання цієї стрічки (плівки багатофункціонального призначення), її намотують на картонну втулку 2, що надіта на вал 1 (рис. 3.21). Після того, як на втулку намотано визначену кількість плівки, її вільний кінець 3 відрізають. Отриманий рулон 4 знімають з валу та відправляють на зберігання.

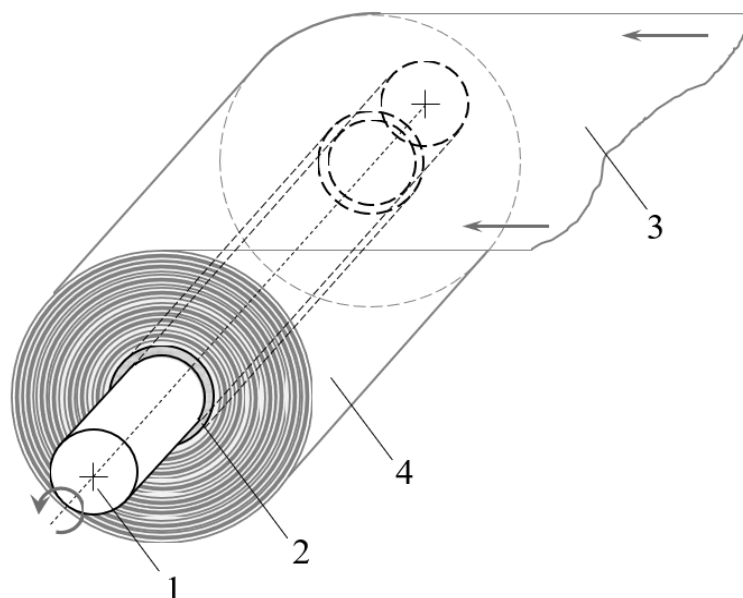


Рисунок 3.21 – Спосіб фасування багатофункціональної плівки, отриманої за розробленою технологією:

- 1 – вал;
- 2 – картонна втулка;
- 3 – вільний кінець багатофункціональної плівки;
- 4 – рулон із багатофункціональної плівки

Виготовлення ковбасних оболонок циліндричної форми здійснюється на пристрої, загальний вигляд якого наведено на рис. 3.22.

Пристрій являє собою шаблон циліндричної форми 4 визначеного діаметру надітий на вал 3. На вал 1, який паралельний валу 3, розміщують рулон багатофункціональної плівки 2. Вільний кінець плівки закріплюють в пазу 5 на шаблоні. Далі проводять виготовлення ковбасної оболонки за наступними етапами. На першому етапі обертають шаблон за допомогою валу 3 на кут 360° . На другому – за допомогою пластини 7, нагрітої до відповідної температури, створюють способом теплової коагуляції шов між шарами плівки, що стикаються між собою. На третьому етапі відрізають за допомогою ножа 8 та робочої поверхні 6 зшити ковбасну оболонку від вільного кінця рулону з плівкою та знімають отриману оболонку з шаблону.

Для виготовлення наступної оболонки вільний кінець плівки закріплюють на шаблоні та повторюють описані операції.

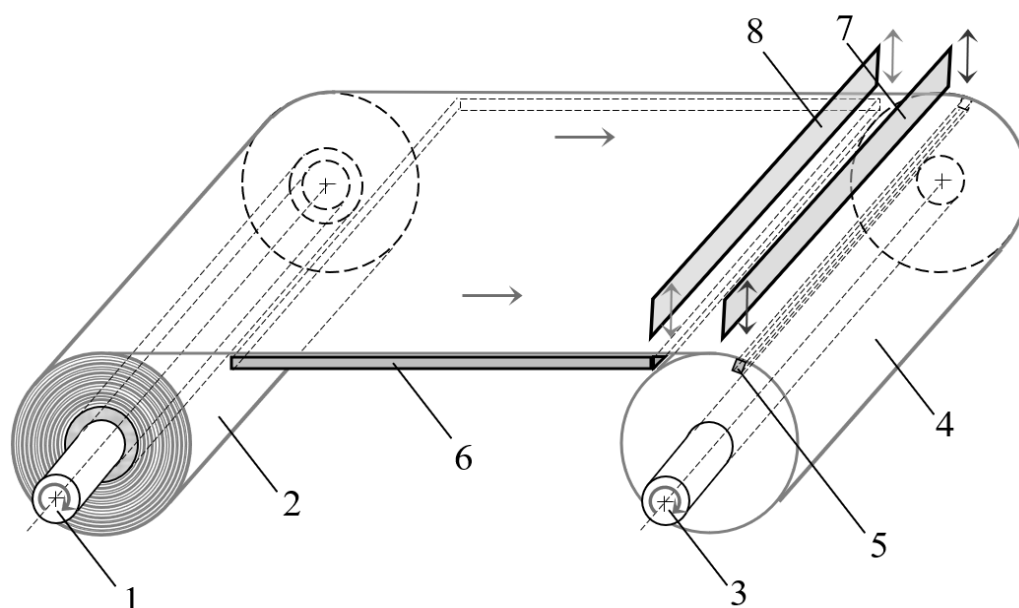


Рисунок 3.22 – Загальний вигляд пристрою для виготовлення ковбасних оболонок циліндричної форми із багатофункціональної плівки

Зняту з шаблону ковбасну оболонку складають у поздовжньому напрямі та відправляють на зберігання або на виробництво ковбасного виробу.

Виходячи із описання операцій, які слідують після операції сушіння багатофункціональної плівки, слід виділити наступні механічні дії над сушеною продукцією. Як під час фасування сушеної плівки, так і під час виготовлення ковбасних оболонок із неї, плівку намотують на тіло циліндричної форми різного діаметру. Під час складання готової ковбасної оболонки плівку згинають на кут 180° . Тобто для плівки наявні деформації згину під час означених механічних дій на кути до 180° .

Очевидно, для того, щоб плівка під час цих деформацій згину не розтріскувалась або не мала інших порушень цілісності, вона повинна мати відповідну пружність. Пружність сушеної продукції визначається її кінцевим вологовмістом, саме властивостями вихідної сировини та необоротними

змінами у структурі сировини, що обумовлені впливом температури нагрівальних поверхонь на сировину.

Під час фасування багатофункціональної плівки та під час виготовлення ковбасних оболонок із неї використовувались втулки для намотування стрічки з діаметром не менше 50 мм. На такі втулки намотували багатофункціональну плівку, висушену за температури сушіння 40°C, 50°C, 60°C, 70°C. Результатом візуального спостереження є відсутність розтріскування або інших порушень цілісності плівок, отриманих за різних температур сушіння із діапазону 40–70°C, під час намотування на втулки діаметром не менше 50 мм.

Аналогічний результат отриманий і під час спостереження за операцією складання готових оболонок. Візуально встановлена відсутність порушення цілісності плівки за умови її згинання на кут 180° під час складання ковбасних оболонок. Наявність цілісності виготовлених оболонок також доведена після відновлення їх під час виробництва ковбасних виробів.

Тобто слід вважати, що готова сушена продукція, отримана за різної температури сушіння із діапазону 40–70°C, задовольняє за своїми пружними властивостями вимогам таких способів фасування, як багатофункціональної плівки, так і ковбасних оболонок із неї.

Однією із визначальних функціонально-технологічних характеристик ковбасних оболонок, а, відповідно, і сировини для їх виготовлення – багатофункціональної плівки, є їх пружно-пластичні властивості. Саме ця характеристика досліджується на наступному етапі.

Очевидно, об'єктивною характеристикою пружно-пластичних властивостей такого матеріалу, як багатофункціональна плівка із кишкової сировини, слід вважати діаграму пружності.

Діаграма пружності являє собою зміну відносної поздовжньої деформації зі зміною сили, що діє на одиницю площі поперечного перерізу зразка матеріалу (нормальне напруження).

Поздовжня деформація ε розраховується за формулою (2.3), нормальне напруження – за (2.4).

Досліджувались з використанням наведеної у розділі 2 установки зразки багатофункціональних плівок, сушіння яких проводили за різної температури сушіння із діапазону 40–70°C. Попередньо зразки замочували у холодній воді протягом 15–20 хв. для відновлення їх пружно-пластичних властивостей.

Далі розраховували нормальне напруження, що відповідає використаному навантаженню, за формулою (2.4) та відповідну поздовжню деформацію за формулою (2.3). Далі отримані експериментальні дані апроксимувались для наочності поліноміальною функцією виду:

$$\varepsilon(\sigma) = a_0 + a_1 \cdot \sigma + a_2 \cdot \sigma^2 + \dots + a_n \cdot \sigma^n, \quad (7)$$

де ε – поточна поздовжня деформація, м/м;

n – ступінь полінома;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – апроксимаційні коефіцієнти.

Отримані таким чином апроксимаційні функції являють собою діаграми пружності, які наведені на рис. 3.23.

Діаграми пружності отримуваних зразків мають однаковий характер. Наявне лінійне зростання поздовжньої деформації зі збільшенням нормального напруження, тобто наявна ділянка, де деформація може бути описана законом Гука. Ця ділянка обмежена межею пропорційності – σ_n .

При подальшому збільшенні нормального напруження відносно σ_n залежність поздовжньої деформації набуває нелінійного характеру. При цьому до межі пружності σ_{np} остаточні деформації не суттєві.

Для зразка, сушіння якого проводили за температури 40°C, наявна ділянка, що відповідає плинності зразка (σ_{nll}). При цьому поздовжня деформація збільшується за постійного значення нормального навантаження,

тобто матеріал «тече». На діаграмах пружності інших зразків така ділянка відсутня.

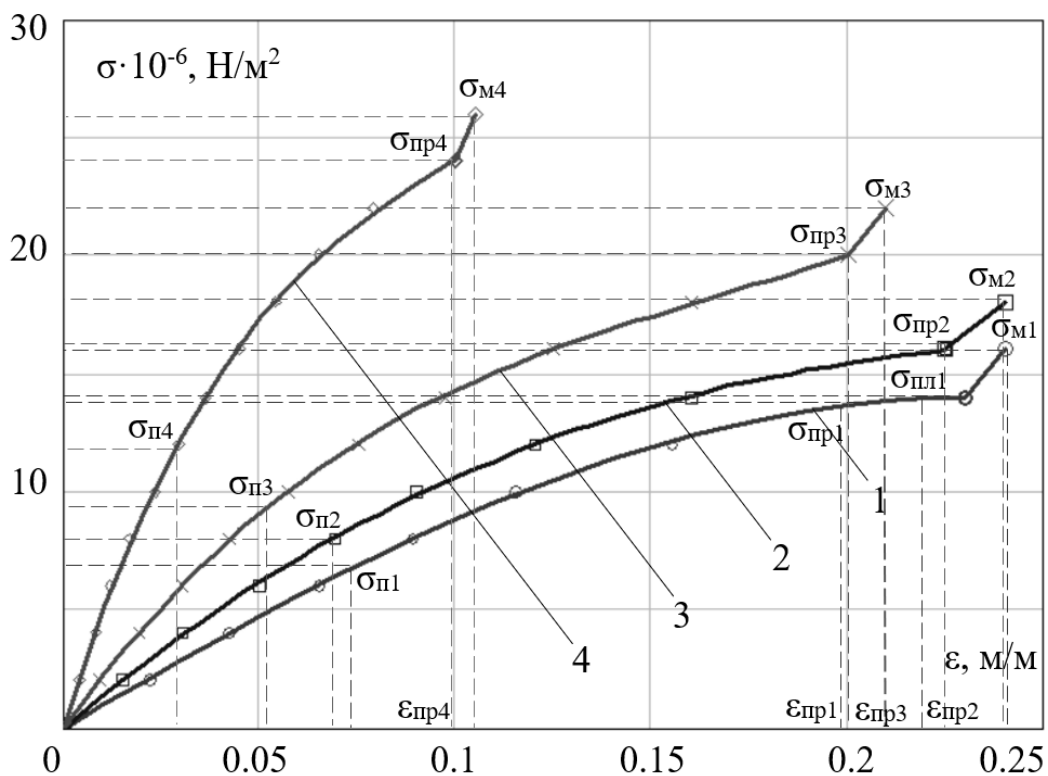


Рисунок 3.23 – Діаграми пружності зразків багатofункціональної плівки із кишкової сировини, сушіння якої проводили за температури, °С:

1 – 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70

За подальшого збільшення нормального навантаження відбувається руйнування зразків. Характеристикою максимального напруження, що виникає в досліджуваному зразку до руйнування, є межа міцності σ_m .

Таким чином, діаграми пружності для різних зразків відрізняються значеннями нормального навантаження та відповідної поздовжньої деформації у межах пропорційності (σ_n), пружності (σ_{pr}), плинності ($\sigma_{пл}$) та міцності (σ_m). Відповідні значення для досліджуваних зразків наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Характерні точки діаграм пружності зразків багатофункціональної плівки, сушіння яких проводили за температури із діапазону 40–70°C

Температура сушіння зразка	Поздовжня деформація (м/м) та нормальне навантаження ($\times 10^{-6}$ Н/м ²) відповідної межі							
	ε_{ni}	σ_{ni}	ε_{npi}	σ_{npi}	ε_{nli}	σ_{nli}	ε_{mi}	σ_{mi}
40°C ($i=1$)	0,07	6,37	0,19	13,78	0,22	14,16	0,24	16,15
50°C ($i=2$)	0,07	8,04	0,22	16,07	–	–	0,24	18,06
60°C ($i=3$)	0,05	9,49	0,20	20,13	–	–	0,21	22,12
70°C ($i=4$)	0,03	12,17	0,10	24,11	–	–	0,11	26,02

З точки зору функціонально-технологічних властивостей багатофункціональної плівки, яка є сировиною для виготовлення ковбасних оболонок, найбільш важливими є значення межі пружності та межі міцності.

Наведені результати показують, що найбільшими є межі пружності та міцності для зразка, сушіння якого проводили за температури 70°C, вони, відповідно, дорівнюють – $24.11 \cdot 10^6$ Н/м² та $26.02 \cdot 10^6$ Н/м². Найменші межі пружності та міцності наявні для зразка, сушіння якого проводили за температури 40°C, вони, відповідно, дорівнюють – $13.78 \cdot 10^6$ Н/м² та $16.15 \cdot 10^6$ Н/м². Зразки, сушіння яких проводили за температур 50°C та 60°C, займають за значеннями межі пружності та межі міцності займають проміжне значення. Виходячи з цього, для збільшення міцності багатофункціональної плівки, слід збільшувати температуру, за якої проводиться її сушіння.

Однак щодо поздовжніх деформацій, то найбільші деформації, які відповідають межах пружності та міцності, спостерігаються для зразка плівки, сушіння якого проводили за температури 40°C (0,19 м/м та 0,24 м/м, відповідно), а найменші – для зразка, сушіння якого проводили за температури 70°C (0,10 м/м та 0,11 м/м, відповідно). Тобто з точки зору пластичних властивостей ковбасних оболонок, сировиною для яких є багатофункціональна плівка, під час її сушіння слід обирати мінімальну температуру із досліджуваних.

Очевидно збільшення міцності та зменшення пластичності багатофункціональної плівки за збільшення температури її сушіння пояснюється необоротними змінами у складі кишкової сировини, із якої отримується плівка, під дією температури.

Таким чином, дослідження показують, що з точки зору міцності, слід обирати найвищу температуру сушіння із діапазону 40–70°C. З точки зору пластичних властивостей – мінімальну температуру із означеного діапазону. При цьому, зважаючи на те, що більш важливою властивістю ковбасних оболонок є їх еластичність, то рекомендованою температурою сушіння плівки, з точки зору її пружно-пластичних властивостей, слід вважати температуру 40°C.

Останнім етапом роботи було дослідження безпосередньо процесу сушіння вологої багатофункціональної плівки із кишкової сировини, оскільки вибір температури цього процесу суттєвим чином впливає на енерговитрати для його реалізації. Необхідно відмітити, що сушіння є однією із найбільш енергоємних операцій при виробництві плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, за технологією, що пропонується. Рентабельність виробництва цієї плівки суттєвим чином залежить від витрат на процес зневоднення вихідної сировини.

Дослідження процесу сушіння полягало у отриманні та аналізі кінетики сушіння вологої сировини. Кінетику вологовмісту сировини та кінетику швидкості сушіння при цьому визначали за експериментальними даними, отриманими з використанням експериментального стенду (рис. 2.3). При цьому поточний вологовміст розраховували за формулою:

$$w = m_{s.s.} / m_w, \quad (8)$$

де $m_{s.s.}$ – маса сухих речовин сировини, кг;

m_w – маса системної води, яку сировина утримує, кг.

Далі за отриманими експериментальними точками будували апроксимаційну функцію, тобто кінетику сушіння вологої плівки. Як апроксимаційні функції використовувались поліноміальні функції виду:

$$w(\tau) = a_0 + a_1 \cdot \tau + a_2 \cdot \tau^2 + \dots + a_n \cdot \tau^n, \quad (9)$$

де τ – поточний час, с;

n – ступінь полінома;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – апроксимаційні коефіцієнти.

Дослідження проводили за різної температури нагрівальних поверхонь, яка змінювалась дискретно від 40°C до 70°C.

На рис. 3.24 наведено кінетики сушіння багатофункціональної плівки за різної температури сушіння. Під температурою сушіння розуміється температура нагрівальних поверхонь.

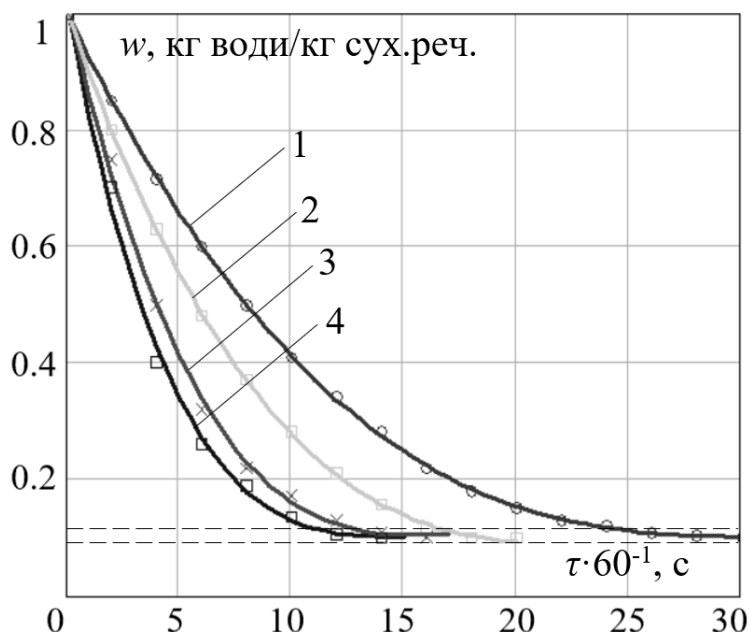


Рисунок 3.24 – Кінетика сушіння багатофункціональної плівки за різної температури нагрівальних поверхонь, °C:

1 – 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70

Наведені кінетики сушіння за різних температур нагрівальних поверхонь мають типовий для кондуктивного способу зневоднення вигляд.

Вологовміст зі збільшенням тривалості процесу сушіння монотонно прагне до кінцевого вологовмісту. Відмінності між наведеними кінетиками полягають у різному нахилі кінетик до осі, на якій відкладено вологовміст. Тобто швидкість наближення до кінцевого вологовмісту наведених залежностей – різна. Фізичним змістом швидкості наближення кінетики сушіння до кінцевого вологовмісту є швидкість зневоднення вологої сировини. Очевидно, результатом цього є різна тривалість процесу видалення системної води із сировини.

Виходячи із виду кінетик сушіння плівки за різної температури сушіння, видно, що всі зразки досягають кінцевого вологовмісту, який лежить у діапазоні 0,1 – 0,09 відн.од. Цей діапазон вологовмісту, відокремлений на рис. 3.24 з двох сторін пунктирною лінією, для сухих фабрикатів черев є рівноважним [41]. Таким чином, за умови досягнення сировиною даного вологовмісту, слід вважати, що процес зневоднення для цієї сировини завершений. Швидкість сушіння при цьому дорівнює нулю.

Визначення раціональної тривалості сушіння багатофункціональної плівки визначали за моментом досягнення швидкістю сушіння значення, яке дорівнює нулю. Кінетику швидкості сушіння отримували як першу похідну від кінетики сушіння:

$$\omega(\tau)=dw(\tau)/d\tau. \quad (10)$$

На рис. 3.25 наведено кінетику швидкості сушіння вихідної сировини, отриману за різної температури нагрівальних поверхонь.

Характер зміни швидкості сушіння вологої сировини зі зміною часу для різних температур нагрівальних поверхонь однаковий. Швидкість сушіння монотонно зменшується за зменшення кількості системної води, що, очевидно, пов'язано із видаленням вологи з різним зв'язком із сухими речовинами сировини. Відмінності наведених залежностей полягають у величині швидкості сушіння та у значеннях тривалості, за якої досягається нуль швидкості сушіння (пунктирні лінії на рис. 3.25).

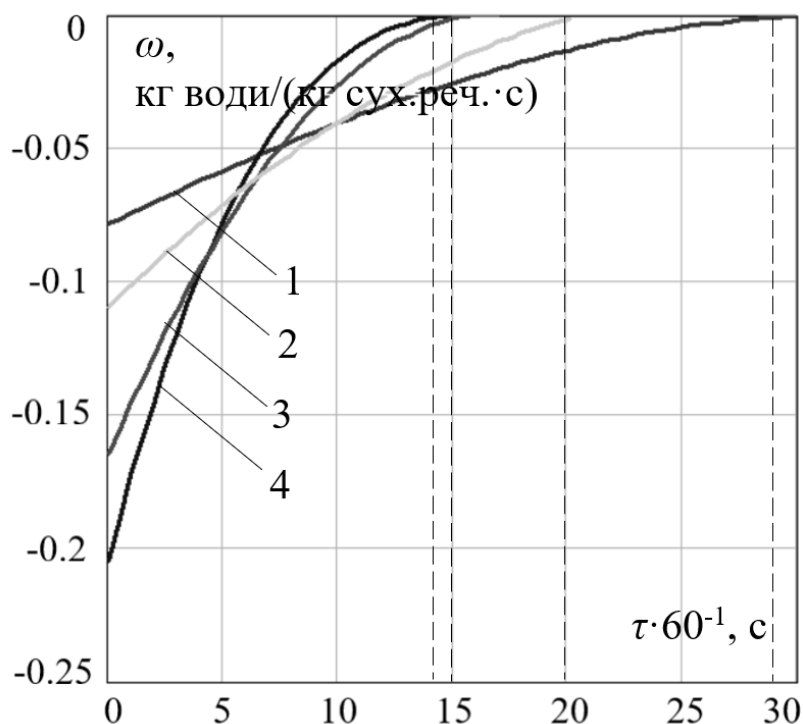


Рисунок 3.25 – Кінетика швидкості сушіння багатофункціональної плівки за різної температури нагрівальних поверхонь, °C:

1 – 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70

Рациональна тривалість сушіння вологої плівки за різної температури зневоднення, визначена за рис. 3.20, наведена у табл. 3.5. Отримані результати показують, що при збільшенні температури від 40°C до 50°C, тобто на 25%, тривалість зневоднення зменшується на 31%, тобто з 29 хв. до 20 хв. При подальшому збільшенні температури від 50°C до 60°C (при збільшенні на 21%), тривалість сушіння зменшилась на 25% (зменшилась з 20 хв. до 15 хв.). За збільшення температури від 60°C до 70°C, тобто на 17%, тривалість сушіння зменшилась лише на 7%, тобто зменшилась з 15 хв. до 14 хв.

Таблиця 3.5 – Тривалість сушіння вологої багатофункціональної плівки із кишкової сировини за різної температури нагрівальних поверхонь

Температура, °C	40	50	60	70
Тривалість сушіння, хв.	29–30	20–21	15–16	14–15

Виходячи з отриманого результату, видно, що за збільшення температури нагрівальних поверхонь до 60°C, наявне суттєве зменшення тривалості сушіння. Це сприяє підвищенню ефективності технології виробництва плівки багатофункціонального призначення, оскільки технологічні операції з її отримання мають періодичний характер з порядком тривалості 10–20 хв. Однак подальше збільшення температури відносно 60°C не дає суттєвого зменшення тривалості зневоднення. При цьому слід враховувати, що збільшення температури за значення температури коагуляції білків, що містяться у вихідній сировині, може привести до суттєвого зниження якості кінцевої продукції через необоротні зміни її пружних властивостей.

За результатами цього етапу дослідження існує можливість визначити рекомендовані раціональні значення температури та тривалості сушіння вологої плівки. Раціональними значеннями температури нагрівальних поверхонь, з точки зору ефективності процесу зневоднення, є температура 60°C, при цьому тривалість сушіння складатиме 15–16 хв. Однак під час вибору температури сушіння в технології отримання багатофункціональної плівки із кишкової сировини, слід враховувати функціонально-технологічні властивості отримуваного напівфабрикату, які залежать від температури нагрівальних поверхонь.

Таким чином, враховуючи отримані за етапами дослідження результати, температуру та тривалість сушіння плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини слід обирати, виходячи із напряму її подальшого використання. Тобто у відповідності до того, які саме функціонально-технологічні властивості повинні бути наявні для застосування її у виробництві певних м'ясних продуктів (ковбасних виробів).

Висновки до розділу 3

1. Розроблено спосіб зшивання тепловою коагуляцією кишкових плівок з яловичих черев та універсальний апарат для його реалізації, що забезпечує

можливість зшивання і сушіння сировини, різної за геометричними розмірами, товщиною та видовою належністю. Готовою продукцією при цьому є універсальна стрічка (напівфабрикат) – склеєна кишкова плівка багатофункціонального призначення, із якої є можливість отримувати ковбасні оболонки потрібного розміру та форми, а також можна використовувати як натуральний їстівний (листовий) плівковий матеріал у харчовій промисловості.

Визначені раціональні діапазони тривалості зшивання: для 150°C – 15–16 с; для 160°C – 14–15 с; для 170°C – 14–15 с; для 180°C – 12–13 с. Значення розривного навантаження шва для діапазону відстані між точками, які його створюють, від 5 мм до 20 мм відповідно лежать у діапазоні від 17,5 Н/м до 13,0 Н/м та задовольняють технологічним вимогам до міцності ковбасних оболонок.

2. Дослідженнями впливу відстані між точками, які створюють шов між шарами кишкової сировини, на витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів із ковбасної оболонки, визначено висоту рідкої фракції, за якої витікання вважалось значимим. Відзначено, оскільки сировина не має стандарту за геометричним розміром, то з точки зору енерго- та ресурсоефективності перед зшиванням її слід сортувати.

3. Обробка водними розчинами молочної, лимонної та оцтової кислот ($C\% = 1,0\text{--}5,0\%$) дозволяє збільшити водопоглинання фабрикатів яловичих черев у 1,23–2,45 рази (від 23,2% для розчину оцтової кислота за $C\% = 1,0\%$, до 144,5% – молочної за $C\% = 5,0\%$). Інтенсивність прояву змін водопоглинання фабрикатів кишкових плівок пов'язана із концентрацією та рН кислотних розчинів. Ефективне підвищення водопоглинання характерне здебільшого у діапазоні рН 2,05–2,63. Висока активність нарощування значень водопоглинання характерна для перших 4 год експозиції та більше 6 год може визначатись недоцільною. Зміни концентрації кислотних розчинів відчутніше впливають на збільшення водопоглинання в інтервалі 1,0–3,0 %. Зміни водопоглинання фабрикатів яловичих черев під впливом обробки харчовими

кислотами пов'язані з передгідролізними перетвореннями у їх колагеново-еластиновій структурі. Це є передумовою обґрунтування у подальших дослідженнях параметрів фізико-хімічної дії їх розпушення та доступності з метою реалізації дублення.

4. Запропоновано спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок із яловичої кишкової сировини, який відрізняється від існуючих технологій наявністю операцій локальної передгідролізної кислотної обробки, притискання та локального дублення місця склеювання. Додаткове зшивання сировини досягається завдяки локальному дубленню шарів плівок, що підлягає з'єднанню, надаючи місцю склеювання необоротних властивостей. Завдяки локальності дублення зберігаються вихідні властивості сировини (пружність та еластичність). Для прискорення процесу дублення запропоновано застосування попередньої локальної передгідролізної кислотної обробки. Локальна передгідролізна кислотна обробка покращує дифузію між шарами кишкових плівок, що підлягають склеюванню, та скорочує тривалість операції локального дублення.

Для шва зразка ковбасної оболонки без попередньої передгідролізної обробки за концентрації розчину таніну 1,5% раціональна тривалість локального дублення становить 20 год., а для концентрації 2,0% – 12,0–12,5 год. Для зразка із попередньою локальною передгідролізною обробкою місць склеювання раціональна тривалість локального дублення становить 10 год за концентрації таніну у дубильному розчині – 1,3%, а за концентрації 2,0% – 5,0–5,5 год.

Завдяки технічній реалізації притискання (під тиском у перфорованому циліндрі) відбувається формування опукло-випуклих ребер жорсткості.

5. Запропоновано технологію склеєних ковбасних оболонок із кишкової сировини, яка відрізняється від відомих використанням адгезивного спорідненого конструкту та електрофорезу під час дублення.

Визначено раціональні параметри електрофорезу: за різниці потенціалів 100 В тривалість експозиції місця склеювання для черев свинячих та

баранячих складає 17 хв., а для яловичих черев – 20 хв., що, імовірно, зумовлено товщиною шару вихідної сировини.

6. Дослідженнями гігроскопічних властивостей плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, сушіння якої проводили за температури із діапазону від 40°C до 70°C, встановлено, що збільшення температури сушіння сприяє зменшенню кількості вологи, яку зразок поглинає із оточуючого газового середовища. Встановлено, що плівку багатофункціонального призначення, сушіння якої проводили за температури 40°C, 50°C та 60°C, можна зберігати без втрати якості у паропроникному упакованні за відносної вологості не більше 70%. Зберігання багатофункціональної плівки, сушіння якої проводили за температури 70°C, можливе за відносної вологості повітря не більше 75–80%. За збільшення вологості повітря відносно означених діапазонів зберігання багатофункціональної плівки можливе в паронепроникному упакованні.

7. Описано операції фасування сушеної плівки багатофункціонального призначення та виготовлення ковбасних оболонок із неї, які слідує після операції сушіння. Показано, що для того, щоб під час цих операцій, які містять механічні деформації згину плівки багатофункціонального призначення на кути до 180°, не відбувалось розтріскування або інших порушень її цілісності, плівка повинна мати відповідну пружність. Візуальним спостереженням встановлено, що під час намотування плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, отриманої за різних температур сушіння із діапазону 40–70°C, на втулки діаметром не менше 50 мм відсутні розтріскування або інші порушення цілісності плівки. Встановлена відсутність порушення цілісності плівки за умови її згинання на кут 180° під час складання ковбасних оболонок. Доведено цілісність оболонок після відновлення їх під час виробництва ковбасних виробів.

8. Визначено, що найбільшими є межі пружності та міцності для зразка кишкової плівки, сушіння якого проводили за температури 70°C, які, відповідно, дорівнюють $24,11 \cdot 10^6$ Н/м² та $26,02 \cdot 10^6$ Н/м². Найменші межі

пружності та міцності наявні для зразка, сушіння якого проводили за температури 40°C, і вони, відповідно, дорівнюють $23,78 \cdot 10^6$ Н/м² та $16,15 \cdot 10^6$ Н/м². Зразки, сушіння яких проводили за температур 50°C та 60°C, займають за значеннями межі пружності та межі міцності займають проміжне значення. Встановлено, що найбільші поздовжні деформації, які відповідають межам пружності та міцності, спостерігаються для зразка плівки, сушіння якого проводили за температури 40°C (0,19 м/м та 0,24 м/м, відповідно), а найменші – для зразка, сушіння якого проводили за температури 70°C (0,10 м/м та 0,11 м/м, відповідно). Відзначено, що збільшення міцності та зменшення пластичності багатофункціональної плівки за збільшення температури її сушіння пояснюється необоротними змінами у складі кишкової сировини, із якої отримується плівка, під дією температури. З точки зору міцності, слід обирати найвищу температуру сушіння із діапазону 40–70°C. А з точки зору пластичних властивостей – мінімальну температуру із означеного діапазону. Зважаючи на те, що більш важливою властивістю ковбасних оболонок є їх еластичність, рекомендованою температурою сушіння плівки, з точки зору її пружно-пластичних властивостей, слід вважати температуру 40°C.

Визначено раціональні значення температури та тривалості сушіння вологої плівки. Раціональною, з точки зору ефективності процесу зневоднення, є температура 60°C, при цьому тривалість складатиме 15–16 хв.

Під час вибору температури сушіння в технології багатофункціональної плівки із кишкової сировини визначальним чинником є функціонально-технологічні властивості отримуваного напівфабрикату, які залежать від температури нагрівальних поверхонь. Враховуючи отримані за етапами дослідження результати, температуру та тривалість сушіння плівки слід обирати, виходячи із функціонально-технологічних властивостей, які необхідні для її застосування у виробництві певних м'ясних продуктів (ковбасних виробів). З цієї точки зору сушіння за температури 40–50°C протягом 20–30 хв. залишається більш універсальним.

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ

СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК З ЯЛОВИЧОЇ СИРОВИНИ

ТА СМАЖЕНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯМ

4.1. Розробка та удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини

Аналіз концептуальних підходів у розробці інноваційних та удосконаленні існуючих техніко-технологічних рішень склеєних кишкових плівок із яловичої сировини (розділ 1), що пов'язані із відмінностями їх морфології та хімічного складу, необхідністю збереження нативних механічних властивостей, забезпечення безпечності як їстівного матеріалу в харчових технологіях [3; 10; 39; 43], одержані результати досліджень з формування міцності когезійного шва (розділ 3), дозволили інтегрувати в удосконалені технології обґрунтовані модифікаційні заходи, що полягають у використанні ефективних методів фізичного та хімічного зшивання, а саме:

1) удосконалення технології для зшивання яловичої кишкової сировини тепловою коагуляцією та формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості (рис. 4.1);

2) удосконалення технології для зшивання яловичої кишкової сировини шляхом використання локальної підготовчої передгідролізної обробки харчовими кислотами, притискання та дублення когезійних швів, з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості (рис. 4.2);

3) удосконалення технології склеювання кишкових оболонок із яловичої сировини з використанням адгезивних споріднених конструктів, дублення таніном, в тому числі інтенсифікованого електрофорезом (рис. 4.3).

При цьому реалізація вказаних технологічних способів забезпечує можливість:

1) одержання кишкових плівок (напівфабрикату) багатофункціонального призначення та матеріалів з них (як листових, так і рукавних чи технологічних ємностей будь-якої іншої форми), що реалізується завдяки створенню міцного з'єднання внаслідок теплового впливу;

2) зрощування як нарізаних смуг із некондиційної кишкової сировини (на формі), так і рукавних відрізків різної довжини, що підвищує ефективність технології та покращує загальні якісні та функціонально-технологічні характеристики натуральних оболонок.

Фізичне зшивання тепловою коагуляцією кишкових плівок, основною визначальною складовою структури яких є колаген, зумовлено утворенням так званого перехідного шару в результаті міжатомної та міжмолекулярної дифузії білку сполучної тканини з'єднаних шарів кишок. Така дифузія, за визначених температур теплового впливу, відбувається внаслідок короткочасного переходу білків у в'язкотекучий стан, коагуляції та подальшої денатурації, а також призводить до набуття високого ступеня необоротності властивостей колагену, що і визначає стабільність належної міцності когезійного шва у технологічних умовах [17; 43].

Хімічне зшивання в результаті взаємодії таніну харчового (як рослинного дубителя) та колагену кишкової тканини, зокрема реакції з функціональними групами суміжних ланцюгів білків у їх структурі, внаслідок чого утворюються міцні поперечні зв'язки, також є визначальним чинником завданого впливу, що забезпечує необхідні функціонально-технологічні (механічні) характеристики кишкових плівок та високу ступінь їх подальшої необоротності [57; 155; 156].

Формування міцного зчеплення, як наслідок більш глибоких дифузійних процесів, залежить від кількості (доступності) хімічно зшитого колагену на склеювальних поверхнях. У зв'язку з цим у попередніх дослідженнях показано, що ефективними є попередня підготовка

склеювальних поверхонь – обробка їх харчовими кислотами до передгідролізного стану, з подальшим дубленням [45–51; 65].

На підставі одержаних результатів нами також доведено позитивну роль у підвищенні міцності когезійних швів кишкових плівок в результаті додавання опукло-випуклих утворень на їх поверхні [151], застосування споріднених адгезивних конструктів у вигляді баластних шарів, що залишаються після обробки кишок (на прикладі серозних плівок), а також завдяки інтенсифікації дублення електрофорезом [149; 157] та покращення міждифузійних процесів когезійних шарів притисканням (пресуванням) [65].

З метою збереження вихідних функціонально-технологічних властивостей, характерних для натуральних оболонок, дотримувались локальності та обмеження ширини когезійних швів (10–15 мм).

Удосконалені технології склеєних кишкових плівок та оболонок з яловичої сировини (яловичих черев) проілюстровано схемами на рис. 4.1–4.3 [158]. Схеми не включають основні традиційні технологічні операції:

- з обробки яловичих черев: звільнення від вмісту; знежирення; вивертання; замочування у воді для подальшого розпушування слизової оболонки ($t=35\text{--}40^{\circ}\text{C}$, $\tau=15\text{--}20$ хв.; розпушування слизової оболонки на шлямодробарній машині; очищення від слизової оболонки у машині остаточної обробки; охолодження у воді ($t\leq 18^{\circ}\text{C}$, $\tau=20\text{--}30$ хв.); визначення якості, сортування, калібрування, консервування та зберігання;

- з підготовки яловичих черев, консервованих солінням, до використання як ковбасних оболонок: промивання з наповненням водою, замочування ($t\leq 18^{\circ}\text{C}$, $\tau=20\text{--}30$ хв.).

У технології склеєних кишкових плівок та оболонок використовуються:

- некондиційні за розмірами яловичі череві, отримані під час первинної обробки та очищення кишок;

- відрізки та залишки напівфабрикату кишок, отримані під час сортування за сортами і калібрами;

– відрізки та залишки фабрику кишок, отримані під час підготовки до використання, а також в процесі використання у технології ковбасних виробів.

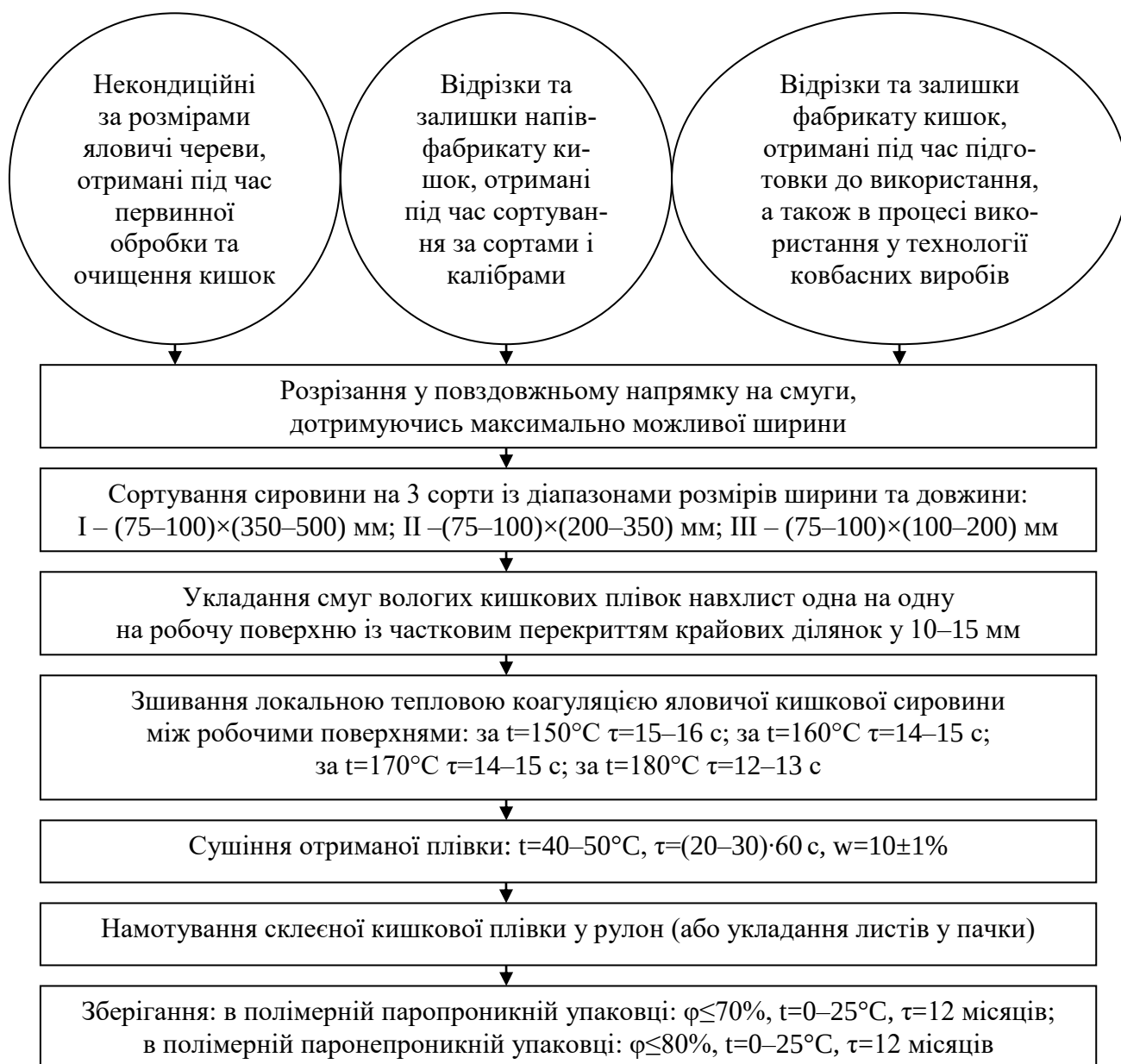


Рисунок 4.1 – Технологія склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості

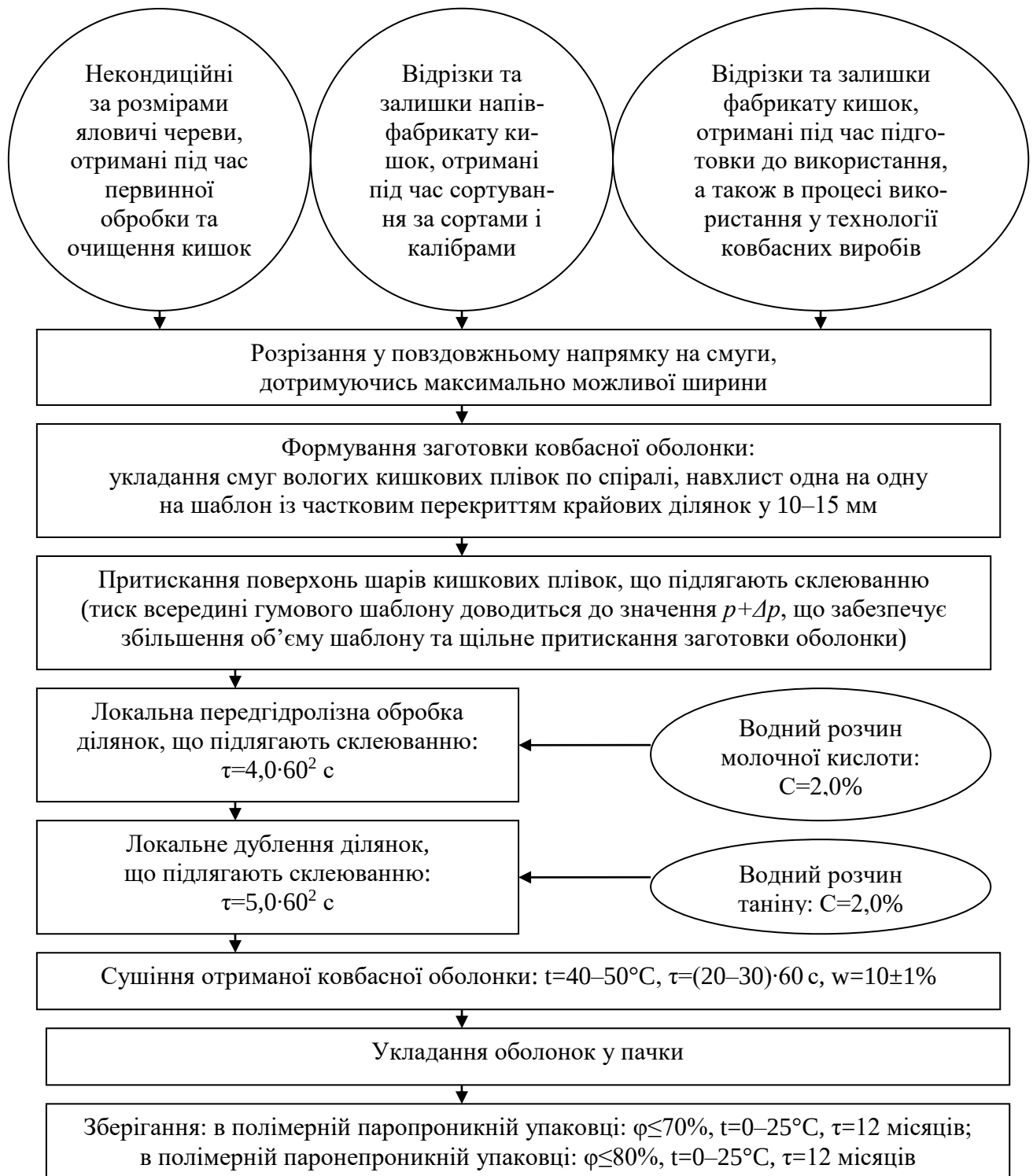


Рисунок 4.2 – Технологія склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості

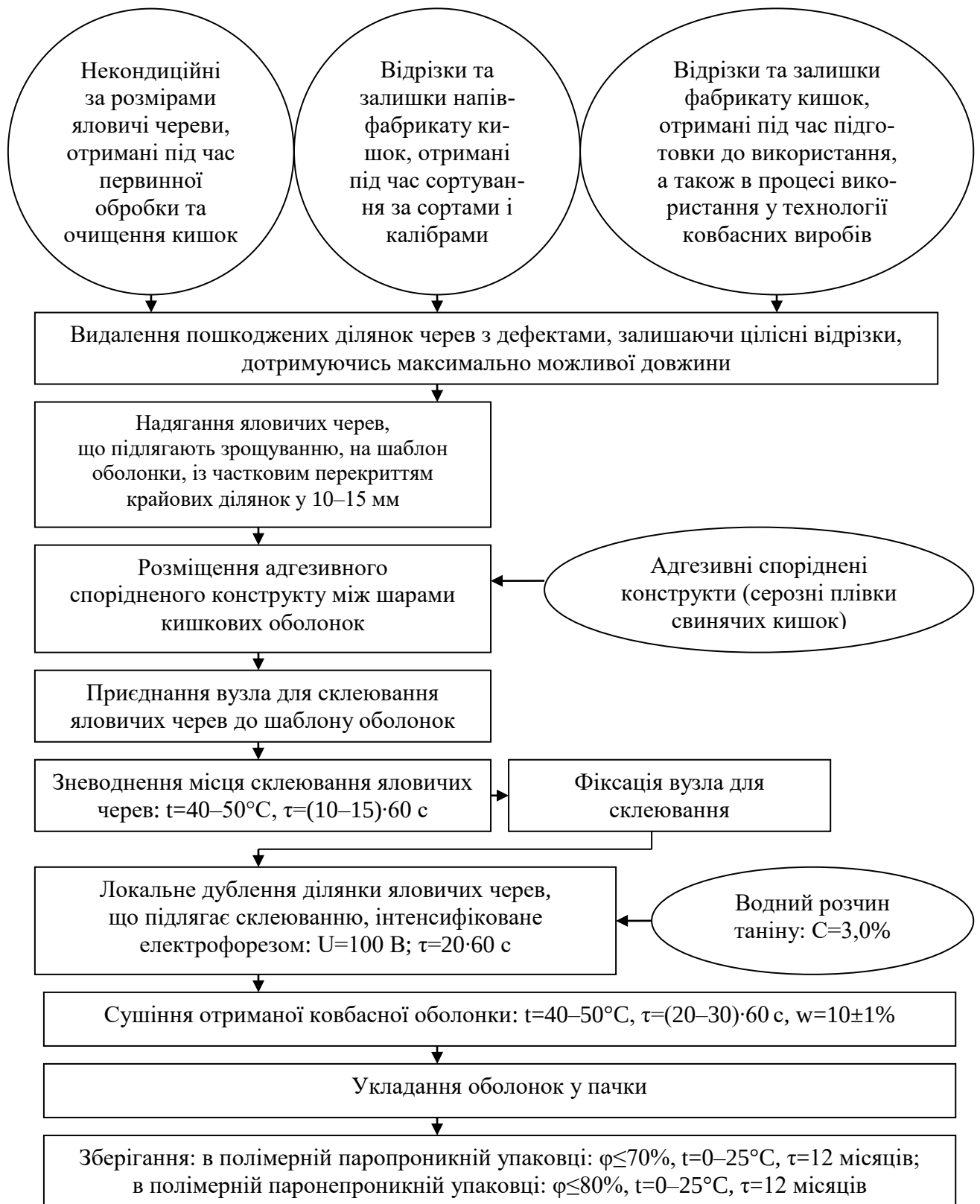


Рисунок 4.3 – Технологія склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом

Слід виділити також наступні практичні переваги представлених запропонованих заходів з удосконалення технологій.

Склеєні кишкові плівки з яловичих черев складаються з одного шару плівок, вони накладаються навхлист (навиваються спіраллю), а ширина часткового перекриття крайових ділянок, де формується когезійний шов, знаходиться в межах 10–15 мм. Для порівняння з відомими рішеннями, це забезпечує відчутну економію сировини, оскільки здебільшого формування такої категорії натуральних оболонок здійснюється багат шаровим накладанням смуг одна на іншу (від двох до п'яти шарів).

Завдяки локальному характеру фізичного та хімічного зшивання, що реалізується в результаті представлених концептуальних конструктивних техніко-технологічних рішень забезпечується збереження вихідних (нативних) функціонально-технологічних властивостей натуральних оболонок, що залишає здатність до використання таких оболонок у технології м'ясних продуктів, і зокрема ковбасних виробів, на рівні універсальної для всього різновиду.

Реалізація техніко-технологічних рішень зі створення листових плівок із кишкової сировини надає можливість використання такого їстівного натурального матеріалу для широкої номенклатури продукції у харчових технологіях. Враховуючи спорідненість сировини, переважним є запровадження у виробничий цикл м'ясної (можливо, і рибної) промисловості, зокрема у технологіях ковбасних та шинкових виробів, напівфабрикатів та готової продукції, загорнутої у їстівні плівки (рулети, крученики, пате, смаженики тощо), різної форми та розмірів [159].

Означені технологічні схеми є основою для закріплення їх у технологічній документації.

4.2. Якість і безпечність сухих склеєних оболонок із яловичих черев

Якість і безпечність сухих склеєних плівок та оболонок із яловичих черев оцінювали для трьох їх видів, згідно із представленими вище удосконаленими технологіями. Очевидно, що в рамках комплексу запропонованих модифікаційних заходів можливі додаткові їх поєднання, що може збільшити варіативність одержаної продукції.

Номенклатура показників якості та безпечності, граничні характеристики обраних критеріїв сухих склеєних оболонок із яловичих черев представлено у табл. 4.1 [158].

Як видно, функціонально-технологічні властивості та безпечність розроблених склеєних кишкових плівок із яловичих черев відповідають вимогам технологій ковбасних виробів. Очевидним є незначне зниження відносного подовження під час розтягування внаслідок фізико-хімічного впливу зшивання, що має необоротний характер, а також неповного відновлення (часткової втрати) нативних характеристик кишкової тканини в результаті суттєвого зневоднення.

Неоднорідність як плівкового листового, так рукавного матеріалу, зокрема наявність безшовних, одношарових та двохшарових ділянок, когезійних швів та місць додаткових зміцнювальних швів, а також дещо різний ступінь розтягування під час накладання смуг на форми-оснастки зумовлюють одержані діапазони значень механічних показників, товщини та проникності склеєних кишкових плівок із яловичих черев, досягаючи двохкратних коливань.

Таблиця 4.1 – Органолептичні, фізичні, механічні характеристики та показники безпеки склеєних кишкових плівок із яловичих черев

Показник	Характеристика		
	Склеєні кишкові плівки багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості	Склеєні кишкові оболонки з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості	Склеєні кишкові оболонки з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктив та дублення, інтенсифікованого електрофорезом
1	2	3	4
Зовнішній вигляд	Напівпрозора суха плівка у вигляді суцільного листа, отриманого склеюванням накладених внахлист нарізаних смуг з яловичих черев, з перекриттям крайових ділянок у 10–15 мм, з волокнистою поверхнею,	Напівпрозора суха плівка у вигляді суцільного рукава, отриманого склеюванням намотаних спіраллю (внахлист) нарізаних смуг з яловичих черев, з перекриттям крайових ділянок у 10–15 мм, з волокнистою поверхнею,	Напівпрозора суха плівка у вигляді суцільного рукава, отриманого склеюванням зрощених відрізків фабрикатів яловичих черев, з перекриттям крайових ділянок у 10–15 мм, з волокнистою поверхнею,
	що має додаткові точкові теплокоагуляційні шви опукло-випуклої форми діаметром 5–7 мм, відстань між якими становить 10–20 мм	що містить додаткові точкові дубильні шви опукло-випуклої форми діаметром 5–7 мм, відстань між якими становить 10–20 мм	що містить додаткові дубильні шви за повним колом зрощених відрізків (у місцях склеювання) шириною 5–7 мм
Колір	Пісочно-жовтий із різними відтінками,		
	у місцях теплокоагуляційних швів – більш насичений та виражений	у місцях дубильних швів – більш насичений та виражений, з коричневим відтінком	у місцях дубильних швів – більш насичений та виражений, з коричневим відтінком
Запах	Властивий доброякісній висушеній кишковій плівці (оболонці)		

Закінчення табл. 4.1

1	2	3	4
Міжшарове розривне навантаження в місцях природного склеювання (у вологому стані), Н/м	3,0±0,5		
Міжшарове розривне навантаження в місцях додаткових зміцнювальних швів (у вологому стані), Н/м	15,4–19,3	13,0±1,3	13,0±1,3
Розривне навантаження під час розтягування плівок у безшовних місцях (у вологому стані, ПД/ПП), МПа	$\frac{21,5 \pm 2,7}{11,9 \pm 1,5}$		
Відносне подовження під час розтягування (у вологому стані, ПД/ПП), %:			
у безшовних місцях	$\frac{19,6 \pm 2,6}{24,8 \pm 3,2}$		
у місцях природного склеювання	$\frac{18,1 \pm 3,1}{22,0 \pm 3,7}$		
у місцях додаткових зміцнювальних швів	$\frac{5,1 \pm 0,8}{6,3 \pm 0,8}$	$\frac{7,9 \pm 1,1}{9,3 \pm 1,3}$	$\frac{7,7 \pm 1,1}{9,0 \pm 1,3}$
Масова частка води, %	9,7±1,0		
Паропроникність, кг/м ² за 24 год	0,290–0,480		
Водопроникність, кг/м ² за 24 год	0,340–0,550		
Товщина (в сухому стані), мкм:			
у безшовних місцях	55–110		
у місцях склеювання	90–175		
КМАФАнМ, КУО/г	(5,0–8,0)·10 ⁴		
БГКП (коліформи), St. aureus, патогенні м/о (у т.ч. Salmonella), дріжджі, пліснява	Відсутні (у встановлених масах)		

Означені характеристики є основою для закріплення їх у відповідній нормативній документації.

4.3. Вивчення дослідницьких пропозицій залучення склеєних кишкових плівок у виробництво смажених м'ясних продуктів

Як відомо, розширення асортименту будь-якої продукції не здійснюється використовуючи єдиний спосіб. При цьому основні дієві стратегії (проникнення на ринок з поглибленням в існуючій ніші, вихід у нові

категорії або створення принципово нової продукції, розвиток асортименту з поліпшенням споживних властивостей, зниження витрат додаванням продукції-замінника), використання яких залежить від мети бізнесу, реальних можливостей та актуальних ринкових тенденцій, можуть поєднувати в собі головні принципові шляхи їх реалізації [160–168].

Алгоритми формування нового асортименту харчової продукції неодмінно включають маркетингові заходи, зокрема аналіз існуючого ринку, технологічні модифікації, перетворення з рецептурними компонентами, забезпечення задоволення споживацьких потреб (як з позиції класичних, традиційних уявлень, так і у прагненні до нового) [169–175]. Разом з тим, технологічна доцільність якнайповнішого залучення сировинного потенціалу харчового підприємства, обґрунтування відповідних інноваційних техніко-технологічних рішень, поєднання класичного та сучасного, у тому числі оригінального, відповідно до сформованих актуальних запитів споживача, є визначальними чинниками ефективності конструювання харчових продуктів.

Аналіз напрямів використання обґрунтованих інноваційних технічних рішень показує, що виходячи з досягнутих заданих критеріїв функціонально-технологічних властивостей кишкових плівок (зокрема міцності їх когезійного шва у вологому стані) – як рукавних, так і листових, одержані матеріали можуть бути використані у технологіях ковбасних виробів різних видів на рівні кондиційних фабрикатів. З цієї точки зору, вивчення можливості використання склеєних кишкових оболонок з яловичої сировини, додатково зшитих запропонованими фізичними та хімічними способами, у виробництві широкого різновиду ковбас, лежить більшою мірою в апробаційній площині, оскільки їх рецептура не змінюється, а матеріал оболонки, завдяки локальному характеру обробки та обраним раціональним параметрам сушіння, потерпає незначних змін, відновлюючи свої властивості після короткочасного замочування у процесі підготовки кишкових плівок до використання у харчових технологіях.

У підрозділах 4.1 та 4.2 наведено технологічні алгоритми одержання

листових та рукавних кишкових плівок з яловичої сировини (яловичих черев). При цьому очевидно є принципова різниця використання листових і рукавних плівок.

Так, рукавні плівки, що наповнюються вмістом, являють собою замкнену з двох боків («герметичну») функціональну ємність, що досягається їх сформованою циліндричною формою і закріпленням (зав'язуванням, перев'язуванням шпагатом) кінців оболонок. Це дозволяє формувати фаршеві вироби різної довжини, в рамках певного діаметру.

Листові склеєні кишкові плівки можуть бути напівфабрикатом для широкої низки можливих технологічних рішень у конструюванні м'ясних (споріднених) продуктів різноманітного асортименту – кулінарної продукції закладів ресторанного господарства та м'ясних (м'ясо-рослинних) напівфабрикатів, що виготовляються підприємствами харчових виробництв. Основними функціями склеєних кишкових плівок, як напівфабрикату широкого призначення, залишається захист внутрішнього вмісту, а також створення оригінального зовнішнього вигляду, різноманітної (практично необмеженої варіативності) форми, що надає відповідні переваги.

Як було показано у підрозділі 3.5, існує можливість виготовлення ковбасних оболонок циліндричної форми із багатофункціональної плівки. Очевидно, що за створення апаратурного забезпечення, можна отримувати замкнені ємності будь-якої форми.

Набагато простішим виглядає використання листових склеєних кишкових плівок способом загортання (у рулон тощо), з подальшою фіксацією (наприклад, нитками) або без такої. В цьому випадку: по-перше, досягається зовнішній захист основної частини виробу, що дозволить зменшити кількісні втрати у технологічному процесі; по-друге, можуть легко змінюватись як форми, так і лінійні розміри; по-третє, очевидна натуральність та їстівність матеріалу. Сукупність означених переваг дозволить зробити продукцію оригінальною, різноманітною за складом та конкурентоспроможною [176].

Виходячи з цього, запропоновано використання листових склеєних кишкових плівок з яловичої сировини (черев яловичих) у технології м'ясних продуктів:

- Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках);
- Смаженики м'ясні Харківські.

Рецептури Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських наведено у табл. 4.2. Обрання рецептурних компонентів мало апробаційно-модельний характер та спиралось на відомі дані довідників традиційних рецептур-аналогів ковбасного фаршу, м'ясних рулетів та напівфабрикатів [177–194].

Таблиця 4.2 – Рецептури м'ясних продуктів із використанням склеєних кишкових плівок

Сировина та допоміжні матеріали	Витрати сировини, пряностей і матеріалів	
	Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)	Смаженики м'ясні Харківські
Несолона сировина, кг (на 100 кг)		
М'ясо котлетне яловиче	–	50
М'ясо котлетне свиняче	–	50
Філе куряче	70	–
Шпик свинячий (боковий або хребтовий)	30	–
Пряності і матеріали, кг (на 100 кг несолоної сировини)		
Сіль кухонна	1,5	1,5
Перець чорний мелений	0,1	0,1
Їстівні плівки	Склеєні кишкові плівки з яловичих черев	Склеєні кишкові плівки з яловичих черев

Підготовку сировини здійснювали за діючими традиційними рекомендаціями.

Підготовлену сировину рулетиків та фарш смажеників піддавали солінню безпосередньо перед формуванням виробів.

Для виготовлення Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках)

куряче філе нарізали пластинами товщиною 3–5 мм, після чого м'ясо злегка відбивали.

Шпик подрібнювали на кубики розміром (4–5) мм.

Сухі склеєні кишкові плівки з яловичих черев нарізали відповідно до визначених довжини та ширини та замочували у воді протягом 5–10 хв для надання еластичності.

На поверхню курячого м'яса укладали подрібнений шпик, рівномірно за всією площею, після чого загортали їх в рулет, досить щільно, а потім – у підготовлені склеєні кишкові плівки з яловичих черев, додатково фіксуючи циліндричну форму (діаметр – 2,5–3,5 см, довжина – 5,0–8,0 см) перев'язуванням нитками.

Після цього рулетики смажили основним способом з жиром на сковороді за температури $(160 \pm 10)^\circ\text{C}$ з обох боків до утворення підсмаженої скоринки та готовності (температури всередині виробу $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$) протягом 15–16 хв.

Для виготовлення Смажеників м'ясних Харківських нарізане на шматки яловиче та свиняче котлетне м'ясо подрібнювали на м'ясорубці з діаметром отворів решітки 4–5 мм.

Підготовку склеєних кишкових плівок з яловичих черев здійснювали аналогічним чином.

На підготовлену склеєну кишкову плівку з яловичих черев укладали м'ясний фарш, нещільно, рівномірно за всією площею, загортаючи його в подальшому налистниковим способом з попереднім підгортанням країв, забезпечуючи пласку (приплюснуту) прямокутну форму – $(7,0\text{--}9,0) \times (4,0\text{--}4,5) \times (1,5\text{--}2,0)$ см.

Після цього смаженики піддавали смаженню основним способом з жиром на сковороді за температури $(160 \pm 10)^\circ\text{C}$ з обох боків до утворення підсмаженої скоринки та готовності (температури всередині виробу $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$) протягом 4–5 хв.

З метою порівняння результатів оцінювання показників технології та

якості м'ясних продуктів у склеєних кишкових плівках з яловичих черев як контроль обрано рецептури, аналогічні за складом, формою та розмірами, режимами обробки, та без використання плівок.

Номенклатура досліджуваних показників включала вихід готової продукції (табл. 4.3), напругу зрізу (табл. 4.4), органолептичні (табл. 4.5, 4.6), фізико-хімічні (табл. 4.7) та мікробіологічні (табл. 4.8) характеристики.

Таблиця 4.3 – Вихід готової продукції у технології м'ясних продуктів із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев

М'ясні продукти	Вихід готової продукції, %
Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)	79,8±3,2
Рулетики курячі зі шпиком (контроль)	74,9±3,0
Смаженики м'ясні Харківські	80,7±3,2
Смажений фарш з яловичини та свинини (контроль)	75,5±3,0

Таблиця 4.4 – Напруга зрізу фаршу готової м'ясної продукції із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев

М'ясні продукти	Напруга зрізу фаршу, кПа
Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)*	67,3±3,9
Рулетики курячі зі шпиком (контроль)*	72,7±4,0
Смаженики м'ясні Харківські	66,1±3,6
Смажений фарш з яловичини та свинини (контроль)	70,2±4,0

Примітка: * – у площині м'яса курки

Таблиця 4.5 – Загальна бальна оцінка готової м'ясної продукції із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев

Найменування м'ясної продукції	Бальна оцінка (за п'ятибальною шкалою)
Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)	4,5
Рулетики курячі зі шпиком (контроль)	4,1
Смаженики м'ясні Харківські	4,7
Смажений фарш з яловичини та свинини (контроль)	4,5

Таблиця 4.6 – Органолептичні характеристики готової м'ясної продукції із використанням склесених кишкових плівок з яловичих черев

Показник	Характеристика			
	Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)	Рулетики курячі зі шпиком (контроль)	Смаженики м'ясні Харківські	Смажений фарш з яловичини та свинини (контроль)
1	2	3	4	5
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, неушкоджена, щільно згорнуті, у кишкової плівці, перев'язані нитками, із характерним потемнінням кишкової плівки в результаті смаження	Поверхня чиста, неушкоджена, щільно згорнуті, насичено виражена скоринка смаження курячого філе	Поверхня чиста, неушкоджена, у кишкової плівці, із загортанням налистнико-вим способом з попереднім підгортанням країв, із характерним потемнінням кишкової плівки в результаті смаження	Поверхня чиста, одиничні ушкодження (тріщини), насичено виражена скоринка смаження м'ясного фаршу
Форма	Циліндрична	Циліндрична	Пласка (приплюснута), прямокутна	Пласка (приплюснута), прямокутна
Консистенція	Пружна	Високопружна, декілька ущільнена, особливо у периферійному шарі	Пружна	Високопружна, декілька ущільнена, особливо у периферійному шарі

Закінчення табл. 4.6

1	2	3	4	5
Вигляд на розрізі	Прошарок м'язової тканини білуватого кольору, колір прошарку сала – білий. На розрізі виділяється характерна кільцеподібна структура, з оболонкою	Прошарок м'язової тканини всередині білуватого кольору, у периферійному шарі – порівняно темніший, колір прошарку сала – білий. На розрізі виділяється характерна кільцеподібна структура	Тонка оболонка, внутрішній вміст (фарш) світло-сірого кольору, рівномірно перемішаний	Внутрішній вміст (фарш) світло-сірого кольору, у периферійному шарі – помітно темніший, до коричневого, рівномірно перемішаний
Запах і смак	Запах приємний, характерний для смаженого продукту (курячого філе та шпику) в кишковій плівці, з ароматом чорного перцю, смак солонуватий, без сторонніх присмаку і запаху	Запах приємний, характерний для смаженого продукту (курячого філе та шпику), з ароматом чорного перцю, смак солонуватий, виражені присмак і запах смаження	Запах приємний, характерний для смаженого продукту (фаршу з яловичини та свинини) в кишковій плівці, з ароматом чорного перцю, смак солонуватий, без сторонніх присмаку і запаху	Запах приємний, характерний для смаженого продукту (фаршу з яловичини та свинини), з ароматом чорного перцю, смак солонуватий, виражені присмак і запах смаження

Таблиця 4.7 – Фізико-хімічні характеристики готової м'ясної продукції із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев

М'ясні продукти	Масова частка води, %	Масова частка кухонної солі, %	Масова частка білка, %	Масова частка жиру, %
Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)	45,6±2,5	2,1±0,1	17,1±0,8	35,2±1,5
Рулетики курячі зі шпиком (контроль)	43,1±2,4	2,3±0,1	17,9±0,8	36,7±1,6
Смаженики м'ясні Харківські	52,9±2,8	2,2±0,1	16,1±0,7	28,8±1,3
Смажений фарш з яловичини та свинини (контроль)	50,1±2,7	2,5±0,1	16,8±0,8	30,6±1,4

Таблиця 4.8 – Мікробіологічні характеристики готової м'ясної продукції із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев

Показник	Характеристика
КМАФАнМ, КУО в 1 г продукту	$(1-3) \cdot 10^2$
Бактерії групи кишкових паличок (БГКП), в 1 г продукту	Не виявлено
Сульфітрeredукувальні клостридії, в 0,01 г продукту	Не виявлено
<i>L. Monocytogenes</i> , в 25 г продукту	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г продукту	Не виявлено

Як видно, порівняно з обраними контрольними зразками (без використання склеєних кишкових плівок), вихід дослідної (запропонованої) готової продукції вище на 4,9–5,2%, що забезпечить ефективність технології в результаті зниження кількісних втрат в процесі термічного оброблення.

Органолептичні показники Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських також характеризуються вищими оцінками порівняно з обраним контролем (4,5 бали проти 4,1 балів та 4,7 бали проти 4,5 балів відповідно). До основних відмінностей органолептичних характеристик, що зумовили одержані результати (у контрольних зразках), належать: одиничні ушкодження (тріщини) на поверхні смаженого фаршу; виражена скоринка смаження; високопружна,

декілька ущільнена, особливо у периферійному шарі, консистенція; за виглядом на розрізі – помітно темніший колір у периферійному шарі; виражені присмак і запах смаження. Результати визначення напруги зрізу фаршу готової м'ясної продукції із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев корелюють із отриманими сенсорними характеристиками: встановлено зменшення значень для Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських порівняно з обраним контролем (67,3 кПа проти 72,7 кПа та 66,1 кПа проти 70,3 кПа відповідно).

Закономірності змін фізико-хімічних характеристик готової м'ясної продукції у склеєних кишкових плівках з яловичих черев і без їх використання зумовлено різним ступенем випаровування вологи та витікання рідкої частини, що містить водорозчинні білки та жир, кухонну сіль, залежно від наявності додаткового бар'єру в масообмінних процесах, характерних для смаження м'ясної продукції. Спостерігаються очевидні відмінності внутрішнього вологовмісту. Так, масова частка вологи Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських вище порівняно з обраним контролем (45,6% проти 43,1% та 52,9% проти 50,1% відповідно), що у свою чергу, є причиною менших значень масової частки сухих речовин у досліді. При цьому їх внутрішній розподіл у складі готової продукції зберігається [195].

Мікробіологічні характеристики контрольних зразків та готової м'ясної продукції із використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев відповідають нормативам.

Висновки до розділу 4

1. Удосконалено технології склеєних кишкових плівок із яловичих черев:

1) додатковим зшиванням локальною тепловою коагуляцією та формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

2) додатковим зшиванням шляхом використання локальної підготовчої передгідролізної обробки молочною кислотою, притискання та дублення когезійних швів з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

3) додатковим зшиванням із використанням адгезивного спорідненого конструкту (свинячої серозної плівки), дублення таніном, в тому числі інтенсифікованого електрофорезом.

Визначено раціональні параметри технологічних процесів реалізації запропонованих рішень та складено відповідні технологічні схеми, що є основою для закріплення їх у технологічній документації.

2. Реалізація вказаних технологічних підходів забезпечує можливість:

1) одержання кишкових плівок (напівфабрикату) багатофункціонального призначення та матеріалів з них (як листових, так і рукавних чи технологічних ємностей будь-якої іншої форми), що реалізується завдяки створенню міцного з'єднання внаслідок теплового впливу; 2) зрощування як нарізаних смуг із некондиційної кишкової сировини (на формі), так і рукавних відрізків різної довжини, що підвищує ефективність технології та покращує загальні якісні та функціонально-технологічні характеристики натуральних оболонок.

3. Серед практичних переваг запропонованих заходів з удосконалення технологій:

1) збереження ресурсу та перетворення залишків та відходів кишкової сировини у цінний затребуваний матеріал для харчових технологій – натуральні оболонки та плівки багатофункціонального призначення;

2) високий ступінь збереження вихідних універсальних функціонально-технологічних властивостей натуральних оболонок та плівок завдяки локальному характеру модифікацій;

3) можливість використання листових плівок із кишкової сировини, як їстівного натурального матеріалу, для широкої номенклатури продукції у харчових технологіях; завдяки спорідненості сировини, переважним є запровадження у виробничий цикл м'ясної (можливо, і рибної) промисловості, зокрема у технологіях ковбасних та шинкових виробів, напівфабрикатів та готової продукції, загорнутої у їстівні плівки (рулети, крученики, пате, смаженики тощо), різної форми та розмірів.

4. Одержані результати оцінювання органолептичних, функціонально-технологічних характеристик та показників безпечності склеєних кишкових плівок із яловичих черев свідчать про їх відповідність вимогам технологій ковбасних виробів. Визначені характеристики є основою для закріплення їх у нормативній документації на сухі склеєні кишкові плівки та оболонки із яловичих черев.

5. Вивчено дослідницькі пропозиції залучення склеєних кишкових плівок у виробництво смажених м'ясних продуктів.

Показано, що листові склеєні кишкові плівки можуть бути напівфабрикатом для широкої низки можливих технологічних рішень у конструюванні м'ясних (споріднених) продуктів. Основними функціями склеєних кишкових плівок, як напівфабрикату широкого призначення, залишається захист внутрішнього вмісту, а також створення оригінального зовнішнього вигляду, різноманітної (практично необмеженої варіативності) форми, що надає відповідні переваги.

Використання листових склеєних кишкових плівок способом загортання (у рулон тощо), з подальшою можливою фіксацією (наприклад, нитками) виглядає найпростішим, проте, може бути суттєво розширене в результаті створення апаратурного забезпечення, що дозволить отримувати замкнені ємності будь-якої форми.

Запропоновано використання листових склеєних кишкових плівок з яловичої сировини (черев яловичих) у технології м'ясних продуктів – Рулетиків курячі зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських. Встановлено, що порівняно з обраними контрольними зразками (без використання склеєних кишкових плівок), вихід дослідної (запропонованої) готової продукції вище на 4,9–5,2%, що забезпечить ефективність технології в результаті зниження кількісних втрат в процесі теплового оброблення.

Встановлено, що закономірності покращення органолептичних характеристик, змін фізико-хімічних показників готової смаженої м'ясної продукції у склеєних кишкових плівках з яловичих черев і без їх використання зумовлено різним ступенем випаровування вологи та витікання рідкої частини, що містить водорозчинні білки та жир, кухонну сіль, залежно від наявності додаткового бар'єру в масообмінних процесах, характерних для смаження м'ясної продукції.

РОЗДІЛ 5

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Апробація результатів досліджень та впровадження їх в практику

Результати теоретичних та експериментальних досліджень за дисертаційною роботою реалізовано, апробовано у практичних умовах та упроваджено в освітній процес.

Складені технологічні схеми, визначені органолептичні, фізичні, механічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок із яловичих черев (плівок багатофункціонального призначення із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості, оболонок із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення, оболонок із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом), досліджені, відпрацьовані та апробовані пропозиції використання склеєних кишкових плівок у технології смажених м'ясних продуктів є основою для їх закріплення у відповідній технологічній та нормативній документації.

Розроблені склеєні кишкові плівки із яловичих черев та м'ясні продукти з їх використанням були представлені на дегустації (Додаток А, ТОВ «Дромам'ясо», м. Харків, акт від 03.02.2026 р.) та демонструвалися на виставках (м. Харків, Додаток Б), де отримали схвалення спеціалістів галузі та були рекомендовані до впровадження.

Одержані результати досліджень упроваджені у виробництво (Додаток В) ТОВ «Капс Фуд Системс» (м. Дергачі, Харківська обл., акт від 09.02.2023 р.), ТОВ «Дромам'ясо» (м. Харків, акт від 05.02.2026 р.), ТОВ «Фламінго 2017» (м. Богодухів, Харківська обл., акт від 13.05.2026 р.) та в освітній

процес Державного біотехнологічного університету (акти від 25.09.2023 р., 03.03.2026 р.).

Розроблено експериментальну установку для дослідження витікання рідкої фракції наповнення для ковбасних виробів через шов ковбасної оболонки, а також концептуальні конструктивні рішення пристроїв для зшивання склеєних кишкових плівок із яловичих черев означеними фізичними та хімічними методами.

5.2. Оцінка ефективності наукових розробок

Впровадження у діяльність підприємств харчової індустрії розроблених технологій зумовлює доцільність оцінювання їх ефективності. Так оцінка створює підґрунтя для прийняття управлінських рішень щодо використання цих технологій у виробництві продукції у перспективі.

Оцінювання інноваційного рішення передбачає ідентифікацію та аналіз ефектів, що формуються на етапах його реалізації та проявляються для учасників, пов'язаних із впровадженням інновацій та використанням її результатів: виробників, споживачів, населення, суспільства та інших зацікавлених сторін. Залежно від типу інноваційного рішення для його оцінки використовують характеристики, що відображають економічний, соціальний, екологічний, інноваційний [196], ринковий [197], ресурсозберігаючий [198], маркетинговий, науково-технічний [199], науково-технологічний, інтелектуальний, бюджетний [200] аспекти ефективності.

Враховуючи результати дослідження щодо удосконалення технологій склеєних кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини та дотримуючись принципів комплексності й системності, оцінювання ефективності розроблених технологій здійснено за об'єктами прояву та типами ефектів. Для підприємства-виробника визначено технологічний та економічний ефекти; для підприємства-споживача розробленої продукції вказано на ефект споживання, ресурсозберігаючий та економічний ефект;

для населення ідентифіковано соціальний; для суспільства – екологічний ефект. Вказані ефекти відображають основні прояви розроблених технологій в галузях виробництва, споживання та екологічної відповідальності, що відповідає сучасним засадам оцінювання інноваційних рішень [196–200] з розвитку підприємства, орієнтовані на створення цінності та дотримання принципів сталого розвитку (рис. 5.1).

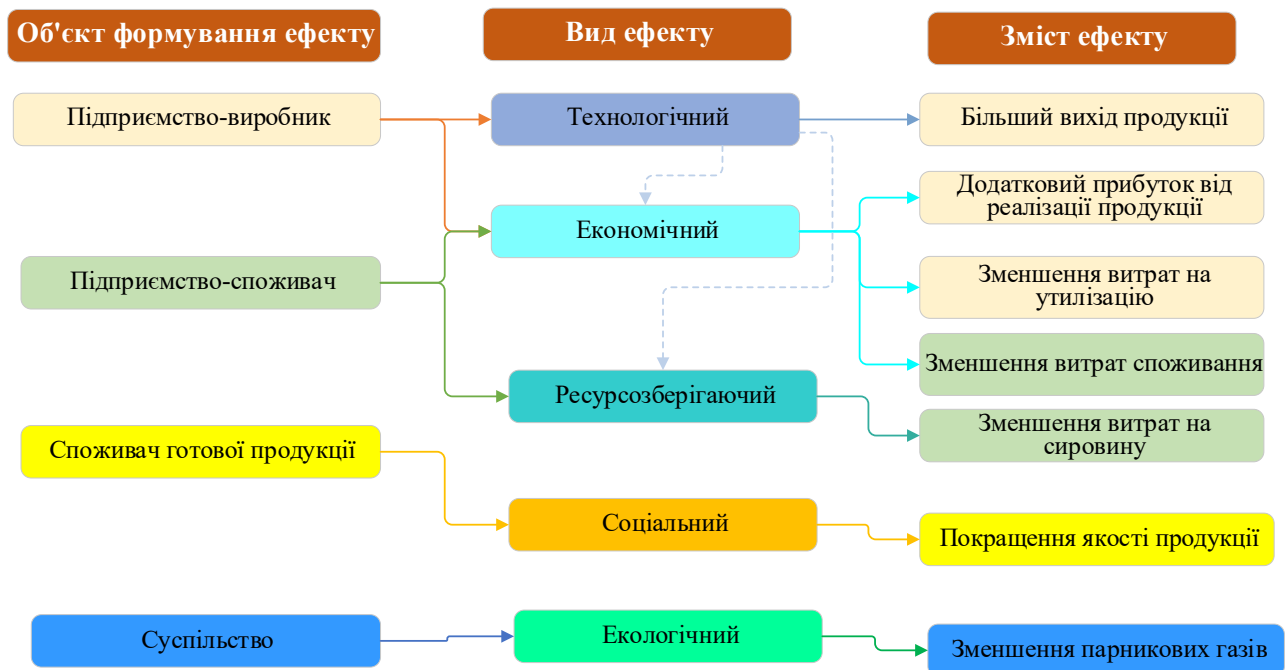


Рисунок 5.1 – Об'єкти, види та зміст ефектів впровадження розроблених технологій

Ефект для виробника. Для підприємства-виробника кишкових плівок і ковбасних оболонкок з яловичої сировини ефект від впровадження у діяльність удосконаленої технології проявляється у виді технологічного та економічного ефектів. Зміст технологічного ефекту становить збільшення виходу готової продукції з одиниці некондиційної сировини, екологічного – зменшення негативного впливу на довкілля унаслідок зменшення обсягу органічних відходів, економічного – додатковий прибуток від реалізації додаткового обсягу нової продукції та економія поточних витрат унаслідок

зменшення витрат на утилізацію відходів. Для визначення вказаних ефектів використано такі формули:

$$E_T = K_n - K_{\bar{o}}, \quad (5.1)$$

$$E_e = (C_n - C_{\bar{o}}) \times K_n - (C_{\bar{o}} - C_{\bar{o}}) \times K_{\bar{o}}, \quad (5.2)$$

$$B_{\text{економ}} = (B_{\bar{o}} - B_n) \times T, \quad (5.3)$$

де E_T – технологічний ефект для виробника, м/1000 м некондиційної сировини;

E_e – економічний ефект для виробника, грн/1000 м некондиційної сировини;

$B_{\text{економ}}$ – економія поточних витрат, грн;

K_n – кількість продукції за удосконаленої технології, м/1000 м некондиційної сировини;

$K_{\bar{o}}$ – кількість продукції за існуючої технології, м/1000 м некондиційної сировини;

C_n – ціна продукції за удосконаленої технології, грн;

$C_{\bar{o}}$ – ціна продукції за існуючої технології, грн;

C_n – собівартість продукції за удосконаленої технології, грн;

$C_{\bar{o}}$ – собівартість продукції за існуючої технології, грн;

B_n – кількість сировини, яка направляється на утилізацію за удосконаленої технології, кг/1000 м некондиційної сировини;

$B_{\bar{o}}$ – кількість сировини, яка направляється на утилізацію за існуючої технології, кг/1000 м некондиційної сировини;

T – тариф на вивіз та утилізацію відходів, грн/т.

Прогнозні показники ефективності розраховано у двох аспектах, а саме без урахування та з урахуванням удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і оболонок. Під час визначення виходу нової продукції враховано повніше використання сировини під час використання розроблених технологій, що є їх особливістю порівняно з існуючою технологією виробництва склеєних кишкових плівок та оболонок.

Для встановлення додаткового прибутку від впровадження удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини враховано:

- вихід склеєних кишкових плівок та кишкових оболонок за існуючої та удосконаленої технологій;
- собівартість склеєних кишкових плівок та кишкових оболонок за існуючої та удосконаленої технологій;
- ціну склеєних кишкових плівок та кишкових оболонок.

У ході визначення економічного ефекту від впровадження розроблених технологій у складі собівартості продукції враховано зміну лише тих витрат, що залежать від впровадження розроблених технологій. До таких віднесено витрати на допоміжні матеріали та електроенергію.

Для визначення доходу від реалізації продукції її ціну узято на рівні середньоринкових цін.

Вихідна інформація та результати розрахунку додаткового випуску продукції та прибутку від впровадження удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини наведено у табл. 5.1.

У результаті розрахунків визначено, що застосування існуючої технології склеєних кишкових оболонок дозволяє із 1000 м некондиційної сировини отримати 267 м (від 5 до 2 шарів) кишкових оболонок; при цьому технологічні переваги зміщено вбік більшої кількості шарів, що забезпечує надійну міцність.

Таблиця 5.1 – Розрахунок додаткового випуску продукції та прибутку від впровадження удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини

Показник	Од. виміру	Існуюча технологія (б)	Розроблені технології (н)		
			ТХ_1 ¹	ТХ_2 ²	ТХ_3 ³
Інформація для розрахунку					
Кількість продукції	—	—	-	-	-
Некондиційна сировина	м	9	9	9	9
Вихід продукції	м	2,4	5,3	5,9	6,5
Собівартість продукції					
Сировина	грн/м	12,8	12,8	12,8	12,8
Допоміжні матеріали	грн/м	0,8	1,8	1,8	1,8
Паливо та енергія	грн/м	0,3	0,7	0,7	0,7
Амортизація	грн/м	0,5	1,1	1,1	1,1
Витрати на оплату праці	грн/м	1,1	1,1	1,1	1,1
Інші витрати	грн/м	0,5	0,5	0,5	0,5
Разом	грн/м	16,0	18,0	18,0	18,0
Ціна	грн/м	20	20	20	20
Прибуток	грн/ м	4,0	2,0	2,0	2,0
Результат розрахунку					
Кількість метрів готової продукції із 1000 м некондиційної сировини	м/1000 м	267	589	656	722
Додатковий випуск продукції	м/1000 м	-	+322	+389	+456
Прибуток на випуск продукції 1000 м некондиційної сировини	грн/1000 м	1067	1178	1311	1444
Додатковий прибуток	грн/1000 м	-	+111	+244	+378

Примітки: ТХ_1¹ – технологія склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості; ТХ_2² – технологія склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості; ТХ_3³ – технологія склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом (за зрощування рукавних відрізків).

Використання розроблених технологій забезпечить технологічний ефект у виді збільшення виходу кишкових оболонок з 1000 м некондиційної сировини у розмірі:

+322 м – у разі застосування технології склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості;

+389 м – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

+456 м – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом (за зрощування рукавних відрізків).

Впровадження розроблених технологій забезпечить підприємству отримання прибутку у розмірі:

1178 грн на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості;

1311 на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

1444 грн на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом.

За рахунок збільшення виходу кишкових оболонок економічний ефект у виді додаткового прибутку від впровадження розроблених технологій порівняно з існуючими складе:

+111 грн на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості;

+244 грн на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

+378 грн на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом.

Як вказано раніше, використання існуючої технології склеєних оболонок забезпечує виробництво продукції у розмірі 267 м/1000 м та 589, 656, 722 м/ 1000 м – у разі використання розроблених технологій із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості, локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом відповідно.

У разі, що середня маса 1 м оболонки становить 0,05 кг, обсяг відходів, які в рамках рециклінгу були повернуті до сфери виробництва та не були утилізовані, складуть: 13,3 кг/1000 м ($267 \times 0,05$) некондиційної сировини – у разі використання існуючої технології склеєних кишкових плівок і оболонок та 29,4 ($589 \times 0,05$), 32,8 ($656 \times 0,05$), 36,1 ($722 \times 0,05$) кг/1000 м некондиційної сировини – у разі використання розроблених технологій склеєних кишкових плівок і оболонок. Враховуючи вказане, зменшення обсягу органічних відходів становитиме:

16,1 кг/1000 м (29,4–13,3) некондиційної сировини – у разі застосування технології склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості;

19,5 кг/1000 м (32,8–13,3) некондиційної сировини – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

22,8 кг/1000 м (36,1–13,3) некондиційної сировини – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом.

Для вартісного вимірювання ефекту від повернення у виробництво некондиційної сировини тариф на утилізацію 1 т органічної сировини узятو у розмірі 3000 грн., що у перерахунку на 1 кг органічної сировини 3,0 грн [201].

$16,1 \times 3,0 \approx 48$ грн/1000 м,

$19,5 \times 3,0 \approx 58$ грн/1000 м,

$22,8 \times 3,0 \approx 68$ грн/1000 м.

Враховуючи це, економія поточних витрат за рахунок зменшенні обсягу утилізованих відходів у вартісному вираженні становитиме від 48 грн до 68 грн на кожні 1000 м некондиційної сировини.

Ефект для споживача. Для підприємства, що використовує у діяльності кишкові плівки і ковбасні оболонки з яловичої сировини, виготовлені за розроблених технологій, ефект від упровадження такої продукції має комплексний характер, що полягає у зменшенні ціни споживання продукції та формуванні ресурсозберігаючого та економічного ефектів.

Зміст ефекту від впровадження удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і оболонок для споживача полягає у зміні ціни споживання

продукції, суть якої становлять витрати на придбання продукції та її зберігання. Ефект для споживача визначається на основі порівняння ціни споживання продукції, виготовленої за існуючої та розроблених технологій склеєних кишкових плівок і оболонки.

$$E_{cn} = \Pi_{cn}^H - \Pi_{cn}^B, \quad (5.4)$$

де E_{cn} – ефект для споживача, грн;

Π_{cn}^H – ціна споживання продукції за удосконаленої технології, грн;

Π_{cn}^B – ціна споживання продукції за існуючої технології, грн.

За існуючої технології виробництва натуральних оболонки готова продукція підлягає солінню. Після придбання цієї продукції для збереження її якості необхідно дотримання певних умов і температурного режиму, що збільшує витрати для покупця. Водночас кишкові плівки, виготовлені за розробленої технології, мають зберігатися у сухому вигляді, що спрощує умови їх зберігання та зменшує ціну споживання.

Відсутність додаткових витрат, пов'язаних із забезпеченням необхідного температурного режиму зберігання продукції, є проявом економічного ефекту впровадження удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і оболонки для споживача.

Окрім зниження ціни споживання, застосування кишкових плівок і ковбасних оболонки з яловичої сировини, що виготовлені за розроблених технологій, забезпечує для підприємства-споживача ресурсозберігаючий та економічний ефекти. Вони формуються внаслідок збільшення виходу готової продукції, а отже, зменшення потреби у сировині для виробництва одиниці готової продукції, у разі виготовлення кулінарної продукції з використанням плівок та оболонки за удосконалених технологій.

$$\Delta C = \frac{100}{B_{гнб}} - \frac{100}{B_{гтн}}, \quad (5.5)$$

$$E_{ек.сир.} = \Delta C \times \Pi_c, \quad (5.6)$$

де ΔC – зменшення витрат сировини, кг/100 кг готової продукції;

$E_{ек.сир.}$ – економія витрат на придбання сировини, грн/100 кг готової продукції;

$B_{гпб}$ – вихід готової продукції за існуючої технології, коефіцієнт;

$B_{гпн}$ – вихід готової продукції за удосконаленої технології, коефіцієнт.

C_c – ціна 1 кг сировини, грн.

Проведені розрахунки [202] свідчать, що застосування кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини, виготовлені за розроблених технологій, зумовлюють збільшення виходу готової продукції у середньому з 74,9% до 79,8% – за кулінарною продукцією «Рулетики курячі зі шпиком»; з 75,5% до 80,7% – за кулінарною продукцією «Смаженики м'ясні Харківські». Враховуюче це, зменшення витрат сировини на виготовлення продукції становитиме: «Рулетики курячі зі шпиком» – ≈ 9 кг на 100 кг готової продукції; «Смаженики м'ясні Харківські» – ≈ 8 кг на 100 продукції. У вартісному вимірі економія витрат на сировину складе: «Рулетики курячі зі шпиком» – 1926 грн на 100 кг готової продукції; «Смаженики м'ясні Харківські» – 2296 грн на 100 продукції.

Соціальний ефект. Соціальний ефект від використання розроблених кишкових плівок і ковбасних оболонок представлений через підвищення якісних характеристик готової продукції, що сприяє повнішому задоволенню потреб споживачів у безпечній та якісній харчовій продукції. Результати загальної бальної оцінки м'ясної продукції показують, що вироби, виготовлені з використанням склеєних кишкових плівок з яловичих черев за розробленими технологіями, мають вищі якісні характеристики порівняно з продукцією, у виробництві якої оболонки та плівки не використовуються. Так, «Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)» оцінено у 4,5 бали проти 4,1 балу «Рулетиків курячих зі шпиком (контроль)», а «Смаженики м'ясні Харківські» оцінено у 4,7 бали проти 4,5 балів «Смаженого фаршу з яловичини та свинини (контроль)».

Екологічний ефект. Зміст екологічного ефекту становить зменшення негативного впливу на довкілля унаслідок зменшення обсягу парникових газів, що утворюються під час розкладання органічних відходів. За розрахунками [203] зменшення обсягу органічних відходів становитиме:

16,1 кг/1000 м некондиційної сировини – у разі застосування технології склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості;

19,5 кг/1000 м некондиційної сировини – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості;

22,8 кг/1000 м некондиційної сировини – у разі застосування технології склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом.

Недопущення потрапляння органічної сировини на звалище дозволить уникнути утворення 0,7–1,0 кг метану на кожні 1000 м некондиційної сировини.

В узагальненому вигляді ефекти від впровадження у виробництво технологій склеєних кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Ефекти від впровадження удосконалених технологій склеєних кишкових плівок і ковбасних оболонок з яловичої сировини

Об'єкт прояву	Тип ефекту	Зміст ефекту	Значення/опис
Підприємство-виробник	Технологічний	Більший вихід продукції	+322 м – у разі застосування ТХ_1; +389 м – у разі застосування ТХ_2; +456 м – у разі застосування ТХ_3.
	Економічний	Додатковий прибуток від реалізації додаткової продукції	+111 грн/ 1000 м – у разі застосування ТХ_1; +244 грн/ 1000 м – у разі застосування ТХ_2; +378 грн /1000 м – у разі застосування ТХ_3.
		Зменшення витрат на утилізацію	-48 грн 1000 м – у разі застосування ТХ_1; -58 грн / 1000 м – у разі застосування ТХ_2; -68 грн / 1000 м – у разі застосування ТХ_3.
Підприємство-споживач	Ресурсозберігаючий	Зменшення витрат споживання	Зменшення витрат під час зберігання
		Зменшення витрат сировини	- ≈9 кг на 100 кг готової продукції «Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)»; - ≈8 кг на 100 кг готової продукції «Смаженики м'ясні Харківські».
	Економічний		- ≈1926 грн на 100 кг готової продукції «Рулетики курячі зі шпиком (в їстівних плівках)»; - ≈2296 кг на 100 кг готової продукції «Смаженики м'ясні Харківські».
Населення	Соціальний	Підвищення якісних характеристик готової продукції	4,5 бали «Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках)» проти 4,1 балу «Рулетиків курячих зі шпиком (контроль)»; 4,7 бали «Смажеників м'ясних Харківських» проти 4,5 балів «Смаженого фаршу з яловичини та свинини (контроль)».
Суспільство	Екологічний	Зменшення утворення СН ₄	Зменшення утворення СН ₄ : 0,7-1,0 кг метану на кожні 1000 м некондиційної сировини.

Примітки: ТХ_1¹ – технологія склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості; ТХ_2² – технологія склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості; ТХ_3³ – технологія склеєних кишкових оболонок з яловичих черев із використанням адгезивних споріднених конструктивів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом (за зрощування рукавних відрізків).

Висновки до розділу 5

1. Здійснено заходи з упровадження розроблених технологій у виробництво на підприємствах м. Харкова, Харківської обл. та в освітній процес ДБТУ. Показано, що запропоновані технології склеєних кишкових плівок із яловичої сировини та їх використання для смажених м'ясних продуктів пройшли відпрацювання, технологічні, органолептичні та інші дослідження та було представлено на міжнародних, всеукраїнських конференціях та виставках.

Складені технологічні схеми, визначені органолептичні, фізичні, механічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок із яловичих черев, одержані результати дослідження, відпрацювання та апробації пропозицій використання склеєних кишкових плівок у технології смажених м'ясних продуктів є основою для їх закріплення у відповідній технологічній та нормативній документації.

2. Оцінювання ефективності впровадження розроблених технологій склеєних кишкових оболонок з яловичої сировини підтверджує доцільність їх впровадження у діяльність підприємств харчової індустрії.

Відзначено, що для підприємства, яке виробляє кишкові оболонки із некондиційної сировини, за існуючої технології вихід готової продукції становить 267 м готової продукції на 1000 м некондиційної сировини. У разі впровадження розроблених технологій цей показник збільшується та становить 589 м, 656 м, 722 м готової продукції на 1000 м некондиційної сировини залежно від виду розробленої технології. Прибуток, який отримає підприємство, якщо впровадить розроблені технології, становитиме 1178 грн на 1000 м, 1311 грн на 1000 м, 1444 грн на 1000 м – у разі застосування технології склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення з яловичих черев із використанням зшивання тепловою коагуляцією та формування опукло-випуклих ребер жорсткості, із використанням локальної підготовчої передгідролізної обробки, притискання та дублення з

формуванням опукло-випуклих ребер жорсткості, із використанням адгезивних споріднених конструктів та дублення, інтенсифікованого електрофорезом відповідно. Приріст прибутку у розрізі видів продукції становитиме від 111 грн до 378 грн на 1000 м залежно від застосованої технології. Економічний ефект від повернення у виробництво некондиційної сировини становитиме 48–68 грн/ 1000 м некондиційної сировини.

Ефект для споживача полягає у більш низькій ціні споживання продукції. Оскільки продукція за розроблених технологій зберігається у сухому вигляді, споживач має нижчі витрати на зберігання цієї продукції.

За рахунок зменшення витрат сировини на виготовлення готової м'ясної продукції з використанням склеєних кишкових плівок економія витрат становитиме 1926 грн та 2296 грн на 100 кг готової продукції «Рулетики курячі зі шпиком» та «Смаженики м'ясні Харківські» відповідно.

Соціальний ефект від використання розроблених кишкових плівок і ковбасних оболонок проявляється у підвищенні якісних характеристик готової продукції, що сприяє повнішому задоволенню потреб споживачів у якісній харчовій продукції. Це підтверджується вищими показниками якості м'ясних виробів, виготовлених із застосуванням оболонок за розробленими технологіями, порівняно з продукцією, отриманою за існуючих технологічних рішень.

Екологічний ефект полягає у зменшенні викидів метану у розмірі 0,7–1,0 кг на кожні 1000 м некондиційної яловичої кишкової сировини.

ВИСНОВКИ

1. На підставі результатів теоретичного аналізу науково-практичної літератури обґрунтовано доцільність удосконалення технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини із використанням фізичних та хімічних методів зшивання – локальної теплової коагуляції, попередньої кислотної (передгідролізної) обробки, адгезивних споріднених конструктив, дублення та його інтенсифікації електрофорезом, притискання, додавання на поверхні шва утворень (ребер жорсткості), а також розробки пропозицій з конструкційних рішень відповідних пристроїв для реалізації інноваційних технологій. Запровадження означених технологічних рішень дозволить зберегти ресурс натуральних оболонок, що відповідає сучасним світовим принципам ресурсозбереження та ощадливого виробництва, а також покращити функціонально-технологічні властивості склеєних кишкових плівок із яловичої сировини.

2. Розроблено спосіб додаткового зшивання тепловою коагуляцією кишкових плівок із яловичих черев та універсальний апарат для його реалізації, що забезпечує можливість зшивання і сушіння сировини, різної за геометричними розмірами, товщиною та видовою належністю. Готовою продукцією при цьому є універсальна стрічка (напівфабрикат) – склеєна кишкова плівка багатофункціонального призначення, із якої є можливість отримувати ковбасні оболонки потрібного розміру та форми.

На підставі результатів досліджень розривного навантаження шва визначені раціональні діапазони тривалості зшивання: для 150°C – 15–16 с; для 160°C – 14–15 с; для 170°C – 14–15 с; для 180°C – 12–13 с. Значення розривного навантаження шва для діапазону відстані між точками, які його створюють, від 5 мм до 20 мм відповідно лежать у діапазоні від 17,5 Н/м до 13,0 Н/м, що задовольняє технологічні вимоги до міцності шва склеєних кишкових ковбасних оболонок.

З метою енерго- та ресурсоефективності реалізації доведено необхідність сортування сировини за розмірами.

3. Встановлено, що зміни водопоглинання фабрикатів яловичих черев під впливом обробки харчовими кислотами пов'язані з передгідролізними перетвореннями у їх колагеново-еластиновій структурі. Обробка водними розчинами молочної, лимонної та оцтової кислот ($C\% = 1,0\text{--}5,0\%$) дозволяє збільшити водопоглинання фабрикатів яловичих черев у 1,23–2,45 рази (від 23,2% для розчину оцтової кислота за $C\% = 1,0\%$, до 144,5% – молочної за $C\% = 5,0\%$). Ефективне підвищення водопоглинання характерне здебільшого у діапазоні рН 2,05–2,63. Висока активність нарощування значень водопоглинання характерна для перших 4 год. експозиції. Зміни концентрації кислотних розчинів відчутніше впливають на збільшення водопоглинання в інтервалі 1,0–3,0 %. Це є передумовою обґрунтування параметрів фізико-хімічної дії розпушення та доступності колагену для дублення.

4. Розроблено спосіб отримання склеєних ковбасних оболонок із яловичої кишкової сировини із використанням локальної підготовчої (передгідролізної) кислотної обробки, притискання та локального дублення.

Встановлено раціональну тривалість локального дублення (10,0 год. за концентрації таніну у дубильному розчині 1,3% та 5,0–5,5 год. за концентрації 2,0%), що свідчить про скорочення тривалості дублення більше ніж у 2 рази завдяки обробці 2,0% водним розчином молочної кислоти.

Завдяки технічній реалізації притискання (під тиском у перфорованому циліндрі) відбувається формування опукло-випуклих ребер жорсткості.

5. Розроблено спосіб виготовлення склеєних ковбасних оболонок із яловичих черев із використанням адгезивного спорідненого конструкту (серозної свинячої плівки) та електрофорезу під час дублення. Визначено раціональні параметри електрофорезу, що застосовується для прискорення процесу дублення: за різниці потенціалів 100 В тривалість експозиції місця склеювання для яловичих черев складає 20 хв.

6. Встановлено, що плівку багатофункціонального призначення, сушіння якої проводили за температури 40°C, 50°C та 60°C, можна зберігати без втрати якості у паропроникному упакованні за відносної вологості не більше 70%. Зберігання багатофункціональної плівки, сушіння якої проводили за температури 70°C, можливе за відносної вологості повітря не більше 75–80%. Збільшення вологості повітря можливе за паронепроникного пакування.

Визначено гігроскопічні, пружно-пластичні властивості, кінетику зневоднення плівок із кишкової сировини під час їх сушіння залежно від варіювання температурного впливу (від 40°C до 70°C). Встановлено, що збільшення міцності та зменшення пластичності багатофункціональної плівки за збільшення температури її сушіння пояснюється необоротними змінами у складі кишкової сировини, із якої отримується плівка, під дією температури. Необхідність збереження нативних універсальних пружно-пластичних властивостей натуральних ковбасних оболонок зумовлює рекомендовані раціональні параметри: температура 40–50°C, тривалість 20–30 хв.

7. Визначено раціональні параметри реалізації запропонованих рішень з удосконалення технології склеєних кишкових плівок із яловичих черев та складено відповідні технологічні схеми, що є основою для закріплення їх у технологічній документації.

Одержано комплекс даних про органолептичні, функціонально-технологічні характеристики та показники безпечності склеєних кишкових плівок із яловичих, що свідчить про їх відповідність вимогам технологій ковбасних виробів та є основою для закріплення їх у відповідній нормативній документації.

8. Визначено основні конструкційні особливості пристроїв для одержання склеєних кишкових плівок та оболонок з яловичої сировини.

9. На підставі результатів вивчення дослідницьких технологічних пропозицій залучення склеєних кишкових плівок у виробництво смажених м'ясних продуктів показано, що листові склеєні кишкові плівки можуть бути напівфабрикатом для широкої низки можливих технологічних рішень у

конструюванні м'ясних продуктів. Основними функціями склеєних кишкових плівок, як напівфабрикату широкого призначення, залишається захист внутрішнього вмісту, а також створення оригінального зовнішнього вигляду, різноманітної (практично необмеженої варіативності) форми, що надає відповідні переваги.

Запропоновано використання листових склеєних кишкових плівок з яловичої сировини (черев яловичих) у технології м'ясних продуктів – Рулетиків курячих зі шпиком (в їстівних плівках) та Смажеників м'ясних Харківських. Встановлено, що порівняно з обраними контрольними зразками (без використання склеєних кишкових плівок), вихід дослідної готової продукції вище на 4,9–5,2%, що підвищує ефективність технології в результаті зниження кількісних втрат в процесі теплового оброблення. Показано, що закономірності покращення органолептичних характеристик, змін фізико-хімічних показників готової смаженої м'ясної продукції у склеєних кишкових плівках із яловичих черев і без їх використання зумовлено різним ступенем випаровування вологи та витікання рідкої частини, що містить водорозчинні білки та жир, кухонну сіль, залежно від наявності додаткового бар'єру в масообмінних процесах, характерних для смаження м'ясної продукції.

10. Оцінювання ефективності впровадження розроблених технологій склеєних кишкових оболонок із яловичої сировини підтверджує доцільність їх впровадження у діяльність підприємств харчової індустрії.

Так, для підприємства, що виробляє кишкові оболонки із некондиційної сировини, за існуючої технології вихід готової продукції становить 267 м готової продукції на 1000 м некондиційної сировини, а у разі впровадження розроблених технологій – 589–722 м готової продукції на 1000 м некондиційної сировини. Прибуток, який отримає підприємство, якщо впровадить розроблені технології, становитиме 1178–1444 грн на 1000 м, а приріст прибутку у розрізі видів продукції становитиме від 111 грн до 378 грн на 1000 м залежно від застосованої технології. Економічний ефект від

повернення у виробництво некондиційної сировини становитиме 48–68 грн/ 1000 м некондиційної сировини.

Ефект для споживача полягає у більш низькій ціні споживання продукції, оскільки продукція за розроблених технологій зберігається у сухому вигляді, і споживач має нижчі витрати на зберігання цієї продукції.

За рахунок зменшення витрат сировини на виготовлення готової м'ясної продукції з використанням склеєних кишкових плівок із яловичої сировини економія витрат становитиме 1926 грн та 2296 грн на 100 кг готової продукції «Рулетики курячі зі шпиком» та «Смаженики м'ясні Харківські» відповідно.

Соціальний ефект від використання розроблених кишкових плівок і ковбасних оболонок проявляється у підвищенні якісних характеристик готової продукції, що сприяє повнішому задоволенню потреб споживачів у якісній харчовій продукції.

Екологічний ефект полягає у зменшенні викидів метану у розмірі 0,7–1,0 кг на кожні 1000 м некондиційної яловичої кишкової сировини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gusain P. Global Sausage Casing Market Size, Share and Trends Analysis Report – Industry Overview and Forecast to 2032. Upcoming Report // Data Bridge Market Research. Food & Beverage. 2024. 350 p. URL: https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-sausage-casing-market?srsltid=AfmBOopRATf3NWTkyu_rZ5Kk07UuH8-3o6AeMDXiWRqjvond5FXCZ2Ah
2. Чумак І. В. Основні тренди розвитку харчових інновацій у контексті українського та світового державотворення // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування. 2022. Т. 33(72), № 1. С. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2022.1/03>
3. Онищенко В. М., Шубіна Л. Ю., Янчева М. О.. Наукові та практичні аспекти виробництва і застосування натуральних ковбасних оболонок: монографія. Харків: ХДУХТ, 2009. 149 с.
4. Маркіна І. А., Большакова Є. Л. Особливості функціонування та тенденції розвитку ринку м'яса та м'ясної продукції в Україні // Український журнал прикладної економіки та техніки. 2019. № 4. С. 119–128. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-4-14>
5. Копитець Н. Г., Волошин В. М. Сучасний стан та тенденції ринку м'яса // Економіка АПК. 2020. № 6. С. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202006059>
6. Кулаковська Т. А., Склярук І. Д. Сучасний стан та тенденції розвитку м'ясопереробної галузі України // Економіка та управління підприємствами. 2023. Вип. 83. С. 45–52. DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.83-8>
7. Antoniv A., Adamchuk L., Ivanišová E., Chlebo, R., & Topal, E. Analysis of the market of meat products in Ukraine // Animal Science and Food Technology. 2023. № 14(2). P. 9–27. DOI: <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.9>

8. Аналіз ринку м'яса в Україні. 2025 рік // Pro-Consulting. Дослідження ринків. Харчова промисловість. 04.2025. 47 р. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-myasa-v-ukraine-2025-god>
9. Wijnker J. J. Aspects of quality assurance in processing natural sausage casings. Ridderkerk: Ridderprint, 2009. 114 p.
10. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Янчева М. О., Шубіна Л. Ю. Дослідження захисних властивостей і безпечності кишкових ковбасних оболонок: монографія. Харків: ХДУХТ, 2021. 107 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/21615>
11. Михайлов В. М., Онищенко В. М. Теоретичні та практичні передумови удосконалення технології склеєних кишкових оболонок // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2016. Вип. 1 (23). С. 7–15.
12. Хінкель-Когут. Натуральні оболонки для ковбасного виробництва. Офіційний сайт. URL: <https://hinkel-kogut.com.ua/>
13. Mauntex – імпортер та виробник натуральної оболонки для ковбас з 2007 року. Офіційний сайт. URL: <https://mauntex.com.ua/>
14. Welcome to International Natural Sausage Casing Association. Official websites. URL: <https://www.insca.org/>
15. Community guide to good practice for hygiene and the application of the HACCP principles in the production of natural sausage casings // Edited by Dr. Joris J. Wijnker. Alexandria: European Natural Sausage Casings Association (ENSCA), 2019. 58 p. URL: https://food.ec.europa.eu/system/files/2017-09/biosafety_fh_guidance_guide_good-practice-haccp-ensca.pdf
16. Kersting H. M., Leymonie P., Wijnker J. J. Scientific Research on Natural Sausage Casings // International Scientific Working Group (ISWG). Second Edition. Alexandria, 2014.
17. Онищенко В. М. Наукове обґрунтування технологій склеєних кишкових оболонок та смажених ковбас з їх використанням: дис. доктора

техн. наук: 05.18.16. Харків: ХДУХТ, 2021. 526 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/32662>

18. Минів Р. М., Ковальчук Р. Л. Інтенсифікація розвитку тваринництва в умовах глобалізації економіки // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Ґжицького. 2010. Т. 12, № 3(45), Ч. 5. С. 170–176.

19. Шаповал С. Л., Саркіс Я., Нечепуренко К. Б. Аналіз головних трендів покращення якісних характеристик виробів з м'яса // ScienceRise. 2018. № 4(45). С. 36–40. DOI: 10.15587/2313-8416.2018.131592

20. Liu, W., Chen X., Tsutsuura S., Nishiumi T. Toughness Variations among Natural Casings: An Exploration on Their Biochemical and Histological Characteristics // Foods. 2022. 11, 3815. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11233815>

21. Gunn S., Sizeland K. H., Wells H. C., Haverkamp R. G. Collagen arrangement and strength in sausage casings produced from natural intestines // Food Hydrocolloids. 2022. Vol. 129, 107612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107612>

22. Mrugalska B., Wyrwicka M. K. Towards Lean Production in Industry 4.0 // Procedia Engineering. 2017. Vol. 182. P. 466–473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>

23. Nicholas J. Lean production for competitive advantage: a comprehensive guide to lean methodologies and management practices. CRC Press, 2015. 527 p. URL:

https://books.google.com.ua/books?id=23a9CgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

24. Клещов А. Й., Хюгі К., Хенгевосс Д., Масліков М. М. Ресурсоефективне та чисте виробництво у м'ясній промисловості. К.: Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2018. 68 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/330442289_Resursoefektivne_ta_ciste_virobnictvo_u_m'asnij_promislovosti_Resource_efficient_and_cleaner_production_for_meat_sector/citations

25. Zahorulko A., Zagorulko A., Savytska N., Minenko S., Pugach A., Ponomarenko N., Zakharchenko R., Pikula, O. Design of a universal apparatus for heat treatment of meat and vegetable cooked and smoked products with the addition of dried semi-finished products of a high degree of readiness to the recipe // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 4, No. 11 (124). P. 73–82. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285406>

26. Hashim P., Mohd Ridzwan M. S., Bakar J., Hashim D. Collagen in food and beverage industries // *International Food Research Journal*. Vol. 22. Iss. 1. 2015. P. 1–8. URL: https://www.researchgate.net/publication/281911258_Collagen_in_food_and_beverage_industries

27. Suurs P., Barbut S. Collagen use for co-extruded sausage casings – A review // *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 102. 2020. P. 91–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.011>

28. Gomez-Guillen M. C., Gimenez B., Lopez-Caballero M. E., Montero M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review // *Food Hydrocolloids*. No 25. 2011. P. 1813–1827. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>

29. Bartel S., Domin J., Pilch Z., Karczewski J. Joining methods of natural sausage casing with using of high frequency current // 26th International Conference Engineering mechanics 2020, November 24-25, 2020: proceeding // Institute of Thermomechanics of the CAS. Praha, Brno, 2020. P. 149–152. URL: https://www.engmech.cz/im/proceedings/show_p/2020/70

30. Domin J., Karczewski J., Kciuk M., Kozielski L., Pilch Z., Wycisłok P. Testing the strength of laser-bonded animal intestines // 26th International Conference Engineering mechanics 2020, November 24-25, 2020: proceeding // Institute of Thermomechanics of the CAS. Praha, Brno, 2020. P. 166–170. URL: https://www.engmech.cz/im/proceedings/show_p/2020/66

31. Pat. Francé EP1323349A1, IPK⁷ A22C 17/14. Procédé de fabrication d'enveloppes pour produits de charcuteries, enveloppes et produits de charcuteries

ainsi obtenus / Gay F. Numéro de dépôt: 02102895.6. Date de dépôt: 26.12.2002. Date de publication: 02.07.2003, Bulletin 2003/27. URL: <https://patents.google.com/patent/EP1323349A1/fr>

32. Pat. Francé 0517630A1, IPK⁵ A22C 17/14, A22C 13/00. Procédé et dispositifs pour la fabrication d'enveloppes destinées à l'embossage de produits de charcuterie / Coutave P. Numéro de dépôt: 92420191.6. Date de dépôt: 05.06.92. Date de publication de la demande: 09.12.92, Bulletin 92/50.

33. Pat. United States US2010/0074990A1, IPK A22C 13/00, A23J 3/04, A23J 3/34, A23L 1/317. Process for joining of pieces of natural casing / Hansen E. T., Hansen K., Andersen K. PCT No.: PCT/DK07/00535, Date: Sep. 23, 2009. Pub. Date: Mar. 25, 2010. URL: <https://patents.google.com/patent/US20100074990A1/en>

34. Onishchenko V., Pak A. O., Goralchuk A., Shubina L., Bolshakova V., Inzhyyants S., Pak A. V., Domanova O. Devising techniques for reinforcing glued sausage casings by using different physical methods // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 1/11 (109). P. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224981>

35. Mykhailov V., Onyshchenko V., Pak A., Bredykhin V., Zahorulko O. Investigation of frying process of meat sausages in glued casings from intestinal raw materials // Ukrainian Food Journal. 2021. Vol. 10. Iss. 2. P. 387–398. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-2-14>

36. Kubit A., Al-Sabur R., Gradzik A., Ochał K., Słota J., Korzeniowski M. Investigating residual stresses in metal-plastic composites stiffening ribs formed using the single point incremental forming method // Materials. 2022. 15. 8252. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15228252>

37. Fojtl L., Manas L., Rusnakova S. The effect of polymer pin ribs on reinforcement of sandwich structures // Manufacturing Technology. 2018, Vol. 18, No. 6. P. 889–894. URL: <https://www.journalmt.com/pdfs/mft/2018/06/03.pdf>

38. Barbut S. Ioi M., Marcone M. Co-extrusion of collagen casings. Effects of preparation, brining, and heating on strength, rheology and microstructure // Italian Journal of Food Science. 2020. Vol. 32, No 1. P. 91–106. URL:

<https://www.itjfs.com/index.php/ijfs/article/view/1557/511>

39. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Пак А. О., Янчева М. О. Концептуальні напрями удосконалення технології склеєних кишкових плівок // Продовольчі системи України – повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку: міжнар. наук.-практ. форум, 15-16 травня 2024 р.: матер. Харків: ДБТУ, 2024. С. 79–80. URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/conf-15-16-05-24-mater-conf.pdf>

40. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Пак А. О., Пак А. В. Визначення раціональної температури та тривалості теплової коагуляції склеєних кишкових оболонок // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун–т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2020. Вип. 2 (32). С. 221–232. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/2478>

41. Onishchenko V., Pak A., Goralchuk A., Shubina L., Bolshakova V., Inzhyyants S., Pak A., Domanova O. Investigation of hygroscopic properties and porosity of glued reinforced sausage casings // EUREKA: Life Sciences. 2021. No. 1. P. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001632>

42. Онищенко В. М., Пак А. О., Інжиянц С. Т. Формування теплокоагуляційного шва в технології склеєних кишкових ковбасних оболонок // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2021 р.: тези доп. Харків: ХДУХТ, 2021. Ч. 2. С. 81–82.

43. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Пак А. О., Інжиянц С. Т. Обґрунтування технології склеєних кишкових ковбасних оболонок, армованих тепловою коагуляцією і дубленням: монографія. Харків: ДБТУ, 2022. 105 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/22535>

44. Янчева М. О., Онищенко В. М., Інжиянц С. Т., Онищенко А. В. Формування міцності когезійного шва склеєних ковбасних оболонок з яловичої кишкової сировини // Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі: III Міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2022 р.:

прогр. та тези матер. К.: НУХТ, 2022. С. 93–94. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/8650b925-2a2b-41ae-ba3b-7f7d61c06f44/download>

45. León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V. M., Vargas-Torres A., Zeugolis D. I., Aguirre-Álvarez G. Hydrolyzed collagen – sources and applications // *Molecules*. 2019. 24 (22). 4031. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>

46. Майстренко Л. А., Юнгін О. С., Ластовецька Л. О. Екстрагування колагену з недублених відходів шкіряного виробництва. Вісник Хмельницького національного університету. 2020. № 5 (289). С. 269–273. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2020-289-5-269-273>

47. Joye I. J. Acids and bases in food. Reference Module in Food Science. Encyclopedia of Food Chemistry. 2019, P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21582-5>

48. Berry S. K. Role of acidulants in food industry. *Journal of Food Science and Technology*. 2001. 38 (2). P. 93–104. URL: https://www.researchgate.net/publication/289746449_Role_of_acidulants_in_food_industry

49. Suurs P., Barbut S. Collagen use for co-extruded sausage casings – A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 102. P. 91–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.011>

50. Онищенко В. М., Янчева М. О., Онищенко А. В., Інжиянц С. Т. Передгідролізні зміни водопоглинання яловичих черев під впливом кислотної обробки // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2024. № 1 (19). С. 65–69. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.01.09>

51. Онищенко А. В., Янчева М. О. Дослідження водопоглинання фабрикатів яловичих черев, оброблених харчовими кислотами // Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді: Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих

вчених, 7 листопада 2024 р.: тези доп. / Державний біотехнологічний університет. Харків: ДБТУ, 2024. С. 72. URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/conf-07-11-24-tezy.pdf>

52. Zhu J., Li Z., Zou Y., Zhu J., Li Z., Zou Y., Lu G., Ronca A., D'Amora U., Liang J., Fan Y., Zhang X., Sun Y. Advanced application of collagen-based biomaterials in tissue repair and restoration // Journal of Leather Science and Engineering. 2022. 4. 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42825-022-00102-6>

53. Correa-Araujo L, Lara-Bertrand A., Silva-Cote I. Tissue Engineering Scaffolds: The Importance of Collagen. Collagen for Health. IntechOpen, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1004077>

54. Mathew-Steiner S. S., Roy S., Sen C. K. Collagen in wound healing // Bioengineering. 2021. 8. 63. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering8050063>

55. Zhang X., Chen X., Hong H., Hu R., Liu J., Liu C. Decellularized extracellular matrix scaffolds: Recent trends and emerging strategies in tissue engineering // Bioactive Materials. 2022. Vol. 10. P. 15–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.09.014>

56. Fratzl P. Collagen: structure and mechanics. New York: Springer Science+Business Media, LLC. 2008. 506 p. DOI: 10.1007/978-0-387-73906-9

57. Covington A. D., Wise W. R. Tanning Chemistry: The Science of Leather. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2019. 685 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Tanning_Chemistry_2nd_Edition.html?id=Bze_DwAAQBAJ&redir_esc=y

58. Lucarini M., Durazzo A., Sciubba F., Di Cocco M., Gianferri R., A. M., Santini A., Delfini M., Lombardi-Boccia G. Stability of the meat protein type I collagen: influence of pH, ionic strength, and phenolic antioxidant // Foods. 2020. 9. 480. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9040480>

59. Lee E. Electrophoresis of Porous Particles // Interface Science and Technology. 2019. Vol. 26. P. 145–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100865-2.00007-2>

60. Tseng S., Lin J.-Y., Hsu J.-P. Theoretical study of temperature influence

on the electrophoresis of a pH-regulated polyelectrolyte // *Analytica Chimica Acta*. 2014. Vol. 847. P. 80–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2014.08.045>

61. Boldura O.-M., Balta C. Electrophoresis – Life Sciences Practical Applications. IntechOpen, 2018. 154 p. URL: <https://www.intechopen.com/books/6621>. DOI: 10.5772/intechopen.71646

62. Pizzi A. Tannins medical / pharmacological and related applications: A critical review // *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2021. Vol. 22. 100481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100481>

63. Li J., Li S., Fang J., Zhao Q., Li Y., Xia T., Yang C. Effect of silane surface modification on the bonding properties of the hot-pressing molded polycarbonate/aluminum alloy hybrid // *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2023. 38 (8): 1–20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01694243.2023.2251768>

64. Li D., Sheng J., Zhuang B., Wu Z., Aladejana J. T, Liu J. Study on hot-pressing technology of chitosan-modified starch adhesive film // *BioResources*. 2019. 14 (2). P. 4316–4328. DOI: <http://dx.doi.org/10.15376/biores.14.2.4316-4328>

65. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S., Onyshchenko A. Improving the technology of glued sausage casings from subgrade beef intestinal raw materials // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 3/11 (135). P. 43–51. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.328922>

66. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Onyshchenko A., Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S., Formation of functional and technological properties of the film from intestinal raw materials during the drying process // *Food science and technology*. 2024. Vol. 18, Issue 1. P. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v18i1.2850>

67. Codex Alimentarius Commission, 1985. Codex Standard for food grade salt. CX STAN 150-1985, Rev. 1-1997, Amend. 3-2006. URL: доступ через офіційний сайт Codex Alimentarius.

68. Codex Alimentarius Commission, 1997. Recommended International

Code of Practice – General principles of Food Hygiene. CAC/RCP 1-1969 (Rev.4-2003). URL: доступ через офіційний сайт Codex Alimentarius.

69. Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application. Annex to CAC/RCP 1-1969 (Rev.4-2003). URL: доступ через офіційний сайт Codex Alimentarius.

70. Dubey J. P. Survival of *Toxoplasma gondii* tissue cysts in 0.85-8% NaCl solutions at 4–20°C // *Journal of Parasitology*. 1997. №83. P. 946–949. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9379305/>

71. European Food Safety Authority (EFSA). Surveillance and Monitoring of *Toxoplasma* in Humans, Food and Animals: Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards (Question No EFSA-Q-2007-038) // *EFSA Journal*. 2007. Vol. 5. No. 12. Art. 583. 64 p. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.583>

72. European Food Safety Authority (EFSA). EFSA provisional statement on a request from the European Commission related to melamine and structurally related compounds such as cyanuric acid in protein-rich ingredients used for food and feed // *EFSA Journal*. 2007. No. 1047. Question No EFSA-Q-2007-093. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.1047>

73. Kersting H. M., Leymonie P., Wijnker J. J. Scientific Research on Natural Sausage Casings (Second Edition). Alexandria: International Scientific Working Group (ISWG), 2014. URL: <https://www.insca.org/>

74. Houben J. H. A survey of dry-salted natural casings for the presence of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* and sulphite-reducing *Clostridium* spores // *Food Microbiology*. 2005. № 22. P. 221–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.06.004>

75. International Life Sciences Institute. A Simple Guide to Understanding and Applying the Hazard Analysis Critical Control Point Concept. 3rd ed. Washington, DC: ILSI Press, 2004. URL: <https://ilsi.eu/publication/a-simple-guide-to-understanding-and-applying-the-hazard-analysis-critical-control-point-concept/>.

76. Kersting H. M., Leymonie P., Wijnker J. J. Scientific Research on Natural Sausage Casings (Second Edition). Alexandria: International Scientific

Working Group (ISWG), 2014. URL: <https://iswg.insca.org>

77. Osweiler G. D. Toxicology. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996. 491 p. (The National Veterinary Medical Series for Independent Study). ISBN 0-683-06664-1.

78. Wijnker J. J., Koop G., Lipman L. J. A. Antimicrobial properties of salt (NaCl) used for the preservation of natural casings // Food Microbiology. 2006. № 23. P. 657–662. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2005.11.004>

79. Онищенко В. М., Янчева М. О., Онищенко А. В. Безпечність натуральних ковбасних оболонок у контексті вимог системи НАССР та їх гармонізації // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Вип. 2. Ч. 2. С. 180–187. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2026.2.2.18>

80. Онищенко В. М., Янчева М. О., Онищенко А. В. Якість і безпечність натуральних ковбасних оболонок у контексті вимог системи НАССР, світових стандартів та їх гармонізації // Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес: міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2026 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2026. С. 146–147. URL: https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2026/06/conf-15-05-26_g-mater.pdf

81. Harper B. A., Barbut S., Lim L., Marcone M. F. Microstructural and textural investigation of various manufactured collagen sausage casings // Food Research International. 2012. Vol. 49 (1). P. 494–500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.043>

82. Bakker W. A. M, Houben J. H., Koolmees P. A, Bindrich U., Sprehe L. Effect of initial mild curing, with additives, of hog and sheep sausage casings on their microbial quality and mechanical properties after storage at difference temperatures // Meat Science. 1999. Vol. 51. Iss. 2. P. 163–174. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(98\)00118-1](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(98)00118-1)

83. Houben J. H., Bakker W. A. M., Keizer G. Effect of trisodium phosphate on slip and textural properties of hog and sheep natural sausage casings // Meat Science. 2005. Vol. 69. Iss. 2. P. 209–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.023>

84. Koolmees P. A., Tersteeg M. H. G., Keizer G., Van Den Broek J., Bradley R. Comparative Histological Studies of Mechanically Versus Manually Processed Sheep Intestines Used To Make Natural Sausage Casings // *Journal of Food Protection*. 2004. Vol. 67. Iss. 12. P. 2747–2755. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.12.2747>
85. Amin S., Ustinol Z. Solubility and mechanical properties of heat-cured whey protein-based edible films compared with that of collagen and natural casings // *International Journal of Dairy Technology*. 2007. Vol. 60. Iss. 2. P. 149–153. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2007.00305.x>
86. Barbut S. Microstructure of natural extruded and co-extruded collagen casings before and after heating // *Italian Journal of Food Science*. 2010. Vol. 22. Iss. 2. P. 126–133. URL: https://www.researchgate.net/publication/279890367_Microstructure_of_natural_extruded_and_co-extruded_collagen_casings_before_and_after_heating
87. Lindberg K., Badylak S. F. Porcine small intestinal submucosa (SIS): a bioscaffold supporting in vitro primary human epidermal cell differentiation and synthesis of basement membrane proteins // *Burns*. 2001. May; 27(3): 254–266. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0305-4179\(00\)00113-3](https://doi.org/10.1016/s0305-4179(00)00113-3)
88. Savic Z., Savic I. Sausage Casings. Wien: Victus International GmbH, 2016. 612 p. URL: https://www.linkedin.com/pulse/new-publication-book-sausage-casings-zoran-savic?trk=portfolio_article-card_title
89. Chen X., Zhou L., Xu H., Yamamoto M., Shinoda M., Tada I., Minami S., Urayama K., Yamane H. The structure and properties of natural sheep casing and artificial films prepared from natural collagen with various crosslinking treatments // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 135. P. 959–968. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.182>
90. Meyers M. A., Chen P. Y., Lin A. Y., Seki Y. Biological materials: Structure and mechanical properties // *Progress in Materials Science*. 2008. Vol. 53. Iss. 1. P. 1–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2007.05.002>

91. Wenger M. P. E., Bozec L., Horton M. A., Mesquida P. Mechanical Properties of Collagen Fibrils // *Biophysical Journal*. 2007. Vol. 93. Iss. 4. P. 1255–1263. DOI: <https://doi.org/10.1529/biophysj.106.103192>
92. Du T., Niu X., Li Z., Li P., Feng Q., Fan Y. Crosslinking induces high mineralization of apatite minerals on collagen fibers // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. Vol. 113. P. 450–457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.136>
93. Luo X., Guo Z., He P., Chen T., Li L., Ding S., Li H.. Study on structure, mechanical property and cell cytocompatibility of electrospun collagen nanofibers crosslinked by common agents // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. Vol. 113. P. 476–486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.179>
94. Ho H., Lin C., Sheu M. Diffusion characteristics of collagen film // *Journal of Controlled Release*. 2001. Vol. 77. Iss. 1–2. P. 97–105. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0168-3659\(01\)00467-9](https://doi.org/10.1016/s0168-3659(01)00467-9)
95. Sherman V. R., Yang W., Meyers M. A.. The materials science of collagen // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2015. Vol. 52. P. 22–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.05.023>
96. Tang C., Zhou K., Zhu Y., Zhang W., Xie Y., Wang Z., Zhou H., Yang T., Zhang Q., Xu B.. Collagen and its derivatives: From structure and properties to their applications in food industry // *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 131. 107748. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107748>
97. Zhang T., Yu Z., Ma Y., Chiou B., Liu F., Zhong F.. Modulating physicochemical properties of collagen films by cross-linking with glutaraldehyde at varied pH values // *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 124. Part A. 107270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107270>
98. Zhang X., Xu S., Shen L. et al. Factors affecting thermal stability of collagen from the aspects of extraction, processing and modification // *Journal of Leather Science and Engineering*. 2020. Vol. 2. Iss. 19. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00033-0>

99. Basil-Jones M. M, Edmonds R. L, Cooper S. M, Haverkamp R. G. Collagen fibril orientation in ovine and bovine leather affects strength: a small angle X-ray scattering (SAXS) study // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. Sep. 28;59(18):9972-9. Epub 2011 Sep. 2. PMID: 21854072. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf202579b>
100. Hoogenkamp H., Kumagai H., Wanasundara P. K. J. P. D. Rice Protein and Rice Protein Products // *Sustainable Protein Sources*. 2017. P. 47–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00003-2>
101. Eyre D. Collagen cross-linking amino acids // *Methods in Enzymology*. Academic Press. 1987. Vol. 144. P. 115–139. DOI: [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)44176-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)44176-1)
102. Orgel J. P. R. O., Irving T. C., Miller A., Wess T. J. Microfibrillar structure of type I collagen in situ // *PNAS*. 2006. Vol. 103. № 24. 9001–9005. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0502718103>
103. Cameron G. J., Alberts I. L., Laing J. H., Wess T. J. Structure of type I and type III heterotypic collagen fibrils: an X-ray diffraction study // *Journal of Structural Biology*. 2002. Jan-Feb; 137(1-2):15-22. PMID: 12064929. DOI: <https://doi.org/10.1006/jsbi.2002.4459>
104. Liao J., Yang L., Grashow J., Sacks M. S. Molecular orientation of collagen in intact planar connective tissues under biaxial stretch // *Acta Biomaterialia*. 2005. Vol. 1. Iss. 1. P. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2004.09.007>
105. Basil-Jones M., Edmonds R., Cooper S., Haverkamp R. Collagen Fibril Orientation in Ovine and Bovine Leather Affects Strength: A Small Angle X-ray Scattering (SAXS) Study // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. 59(18):9972-9. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf202579b>
106. Sizeland K., Basil-Jones M., Edmonds R., Cooper S., Kirby N., Hawley A., Haverkamp R. Collagen Orientation and Leather Strength for Selected Mammals // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2013. Vol. 61(4). URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf3043067>

107. Wang W., Zhang Y., Ye R., Ni Y. Physical crosslinkings of edible collagen casing // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015. Vol. 81. P. 920–925. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.09.032>
108. Elango J., Bu Y., Bin B., Geevaretnam J., Robinson J. S., Wu W.. Effect of chemical and biological cross-linkers on mechanical and functional properties of shark catfish skin collagen films // *Food Bioscience*. 2017. Vol. 17. P. 42–51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.12.002>
109. Zajac M., Pajak P., Skowrya G. Characterization of edible collagen casings in comparison with the ovine casing and their effect on sausage quality // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Vol. 101. Iss. 14. P. 6001–6009. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11254>
110. Tian X., Zhao K., Teng A., Li Y., Wang W. A rethinking of collagen as tough biomaterials in meat packaging: assembly from native to synthetic // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. Vol. 64(4). P. 957–977. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2111401>
111. Chen X., Zhou L., Xu H., Yamamoto M., Shinoda M., Kishimoto M., Tanaka T., Yamane H. Effect of the Application of a Dehydrothermal Treatment on the Structure and the Mechanical Properties of Collagen Film // *Materials*. 2020. Vol. 13(2), 377. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13020377>
112. Arif M. M. A., Fauzi M. B., Nordin A., Hiraoka Y., Tabata Y., Yunus M. H. M. Fabrication of Bio-Based Gelatin Sponge for Potential Use as A Functional Acellular Skin Substitute // *Polymers*/ 2020. Vol. 12(11), 2678. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym12112678>
113. Song K., Jung S. K., Kim Y. H., Kim Y. E., Lee N. H. Development of industrial ultrasound system for mass production of collagen and biochemical characteristics of extracted collagen // *Food and Bioproducts Processing*. 2018. Vol. 110. P. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.04.001>
114. Onem E., Yorgancioglu A., Karavana H. A. Comparison of different tanning agents on the stabilization of collagen via differential scanning calorimetry //

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2017. Vol. 129. P. 615–622. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6175-x>

115. Chen Y. N., Dan N. H., Huang Y. P., Yang C. K., Dan W. H., Liang Y. X. Insights into the interactions between collagen and a naturally derived crosslinker, oxidized chitosan oligosaccharide // Journal of Applied Polymer Science. 2020. Vol. 137. Iss. 12. 48489. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.48489>

116. Siddiqui S. A., Sundarsingh A., Bahmid N. A., Nirmal N., Denayer J. F. M., Karimi K. A critical review on biodegradable food packaging for meat: Materials, sustainability, regulations, and perspectives in the EU // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2023. Vol. 22(5). P. 4147–4185. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13202>

117. Liu F., Yu Z., Wang B., Chiou B. S. Changes in Structures and Properties of Collagen Fibers during Collagen Casing Film Manufacturing // Foods. 2023 Vol. 12(9). 1847. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12091847>

118. Buchert J., Ercili-Cura D., Ma H., Kruus K. Crosslinking Food Proteins for Improved Functionality // Annual Review of Food Science and Technology. 2010. Vol. 1(1). P. 113–138. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100841>

119. Wang Y., Chen Y., Li Y., Zuo D., Huang X., Tian X., Li Y., Wang W.. Collagen as a diversely structural biomaterial: From assembly strategies to potential applications in food industry // Food Hydrocolloids. 2025. Vol. 159. 110694. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110694>

120. Cheng S., Wang W., Li Y., Gao G., Zhang K., Zhou J., Wu Z. Cross-linking and film-forming properties of transglutaminase-modified collagen fibers tailored by denaturation temperature // Food Chemistry. 2019. Vol. 271. P. 527–535. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.223>

121. Permadi S. N., Ujilestari T., Hakim L., Jambang N., Yuliatmo R., Febrisiantosa A., Wahyono T., Wahyuningsih R.. Characteristics and Applications of Collagen from the Animal By-Product as a Potential Source for Food Ingredients

// Reviews in Agricultural Science. 2024. Vol. 12. P. 327–346. DOI: https://doi.org/10.7831/ras.12.0_327

122. Wu X., Luo Y., Liu Q. Improved structure-stability and packaging characters of crosslinked collagen fiber-based film with casein, keratin and SPI // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019. Vol. 99. P. 4942–4951. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9726>

123. Schroepfer M., Meyer M. DSC investigation of bovine hide collagen at varying degrees of crosslinking and humidities // International Journal of Biological Macromolecules. 2017. Vol. 103. P. 120–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.124>

124. Gargano M., Florio C., Sannia G. From leather wastes to leather: enhancement of low quality leather using collagen recovered from leather tanned wastes // Clean Technologies and Environmental Policy. 2023. Vol. 25. P. 3065–3074. DOI: https://doi.org/10.1007/s10098-023-02552-w?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle

125. Ding W., Liao X., Zhang W., Shi B. Decoloring of chromium-containing leather waste with low hydrolysis degree of collagen // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. 2015. Vol. 99. P. 129–133. URL: https://www.researchgate.net/publication/335219490_Decoloring_of_Chromium-containing_Leather_Waste_with_Low_Hydrolysis_Degree_of_Collagen

126. Garcia Y., Hemantkumar N., Collighan R. In vitro characterization of a collagen scaffold enzymatically cross-linked with a tailored elastin-like polymer // Journal of Tissue Engineering. 2009. Vol. 15. Part A. P. 887–899. DOI: <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2008.0104>

127. Liu X., Yue O., Wang X. Preparation and application of a novel biomass-based amphoteric retanning agent with the function of reducing free formaldehyde in leather // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 265. 121796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121796>

128. Maina P., Ollengo M. A., Nthiga E. W. Trends in leather processing – a review // International Journal of Scientific Research. 2019. 9626. DOI: <https://doi.org/10.29322/IJSRP.9.12.2019.p9626>

129. Wu X., Liu Y., Liu A., Wang W. Improved thermal-stability and mechanical properties of type I collagen by crosslinking with casein, keratin and soy protein isolate using transglutaminase // International Journal of Biological Macromolecules. 2017. Vol. 98. P. 292–301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.127>

130. Wu X., Liu A., Wang W., Ye R. Improved mechanical properties and thermal-stability of collagen fiber based film by crosslinking with casein, keratin or SPI: effect of crosslinking process and concentrations of proteins // International Journal of Biological Macromolecules. 2018. Vol. 109. P. 1319–1328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.144>

131. Walton R. S., Brand D. D., Czernuszka J. T. Influence of telopeptides, fibrils and crosslinking on physicochemical properties of type I collagen films // Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2010. Vol. 21(2). P. 451–461. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10856-009-3910-2>

132. Lee C. H., Singla A., Lee Y. Biomedical applications of collagen // International Journal of Pharmaceutics. 2001. Vol. 221. Iss. 1–2. P. 1–22. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-5173\(01\)00691-3](https://doi.org/10.1016/s0378-5173(01)00691-3)

133. Yoon D., Cho Y. S., Joo S. Y., Seo C. A clinical trial with a novel collagen dermal substitute for wound healing in burn patients // Biomaterials Science. 2020. Vol. 8(6). DOI: <https://doi.org/10.1039/c9bm01209e>

134. Davison-Kotler E., Marshall W. S., García-Gareta E. Sources of Collagen for Biomaterials in Skin Wound Healing // Bioengineering. 2019. Vol. 6(3). 56. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering6030056>

135. Tian Z., Li C., Duan L., Li G. Physicochemical properties of collagen solutions cross-linked by glutaraldehyde // Connective Tissue Research. 2014. Vol. 55(3). P. 239–247. DOI: <https://doi.org/10.3109/03008207.2014.898066>

136. Tian Z. H., Liu W. T., Li G. Y. The microstructure and stability of collagen hydrogel cross-linked by glutaraldehyde // *Polymer Degradation and Stability*. 2016. Vol. 130. P. 264–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.06.015>

137. Zhang M., Yang J. H., Deng F., Guo C. C., Yang Q. L., Wu H., Ni Y. H., Huang L. L., Chen L. H., Ding C. C. Dual-functionalized hyaluronic acid as a facile modifier to prepare polyanionic collagen // *Carbohydrate Polymers*. 2019. Vol. 215. P. 358–365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.086>

138. Silvipriya K. S., Krishna K. K., Bhat A. R. Collagen: animal sources and biomedical application // *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2015. Vol. 5. P. 123–127. DOI: [10.7324/JAPS.2015.50322](https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50322)

139. Beshay U., El-Enshasy H., Ismail I. M., Moawad H., Abd-El-Ghany S. Betaglucanase productivity improvement via cell immobilization of recombinant *Escherichia coli* cells in different matrices // *Polish Journal of Microbiology*. 2011. Vol. 60(2). P. 133–138. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21905630/>

140. Kourkoutas Y., Bekatorou A., Banat I. M., Marchant R., Koutinas A. A. Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: A review // *Food Microbiology*. 2004. Vol. 21(4). P. 377–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2003.10.005>

141. Adamiak K., Sionkowska A. Current methods of collagen cross-linking: Review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 161. 2020. P. 550–560. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.075>

142. Ahmad M. I., Li Y., Pan J., Liu F., Dai H., Fu Y., Huang T., Farooq S., Zhang H.. Collagen and gelatin: Structure, properties, and applications in food industry// *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. Vol. 254. Part 3. 128037. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128037>

143. Davidenko N., Bax D. V., Schuster C. F., Farndale R. W., Hamaia S. W., Best S. M., Cameron R. E. Optimisation of UV irradiation as a binding site conserving method for crosslinking collagen-based scaffolds // *Journal of Materials Science*. 2016. Vol. 27(1). 14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10856-015-5627-8>

144. Cataldo F., Ursini O., Lilla E. et al. Radiation-induced crosslinking of collagen gelatin into a stable hydrogel // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2008. Vol. 275. P. 125–131. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10967-007-7003-8>

145. Schyra P., Aibibu D., Sundag B., Cherif C. Chemical Crosslinking of Acid Soluble Collagen Fibres // *Biomimetics*. 2025. Vol. 10(10). 701. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics10100701>

146. He L., Mu C., Shi J., Zhang Q., Shi B., Lin W. Modification of collagen with a natural cross-linker, procyanidin // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2011. Vol. 48, Iss. 2. P. 354–359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.12.012>

147. Harlan J. W., Fairheller S. H. Chemistry of the crosslinking of collagen during tanning // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 1977. Vol. 86A. Pp. 425–440. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3282-4_27

148. Pizzi A. Covalent and Ionic Bonding between Tannin and Collagen in Leather Making and Shrinking: A MALDI-ToF Study // *Journal of Renewable Materials*. 2021. Vol. 9. Iss. 8. P. 1345–1364. DOI: <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.015663>

149. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S., Onyshchenko A. Devising a technology for obtaining glued sausage casings from intestinal raw materials using electrophoresis // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 4/11 (130). P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.308603>

150. Пак А. О., Онищенко А. В., Інжиянц С. Т. Методика та установка для дослідження витікання рідкої фракції вмісту ковбасних виробів через шов склеєної оболонки // *Технічний прогрес в АПВ: міжнар. наук.-практ. конф.*, 21-22 травня 2024 р.: матер. Харків: ДБТУ, 2024. С. 255–257. URL: <https://agromaster.info/uploads/conference/2024-05/materials.pdf>

151. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Grynchenko N., Dromenko O., Pak A., Inzhyyants S., Onyshchenko A. Devising a technique and designing an

apparatus for obtaining a multifunctional purpose film from intestinal raw materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 3/11 (123). P. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279008>

152. Онищенко В. М., Пак А. О., Онищенко А. В., Інжиянц С. Т. Розробка апарата для сушіння плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини // Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини: всеукр. наук.-практ. конф., 8 червня 2023 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2023. С. 29–30. URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/11/materialy-conf-08-06-23.pdf>

153. Онищенко В. М., Янчева М. О., Пак А. О., Онищенко А. В. Дослідження процесу кондуктивного сушіння плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини // Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини: всеукр. наук.-практ. конф., 8 червня 2023 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2023. С. 31–32. URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/11/materialy-conf-08-06-23.pdf>

154. Milanović M. P., Komatina M. S., Zlatanović I. J., Manić N. G., Antonijević D. L. Kinetic Parameters Identification of Conductive Enhanced Hot Air Drying Process of Food Waste // Thermal Science. 2020. Vol. 25. 223–223. DOI: <https://doi.org/10.2298/TSCI200312223M>

155. Covington A. D., Covington T. Tanning Chemistry: The Science of Leather. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009. 483 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Tanning_Chemistry.html?id=Og7OwDQp0CwC&redir_esc=y

156. Schropfer M., Meyer M. Investigations Towards the Binding Mechanisms of Vegetable Tanning Agents to Collagen // Research Journal of Phytochemistry. 2016. Vol. 10 (2), Iss. 2. P. 58–66. DOI: <https://doi.org/10.3923/rjphyto.2016.58.66>

157. Онищенко В. М., Пак А. О., Янчева М. О., Онищенко А. В. Технологія склеювання кишкових оболонок з використанням адгезивних споріднених конструктивів // Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку,

знання та бізнес: II міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2025 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2025. С. 39–40. URL: https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2025/05/conf_stl-15-05-25-zbirnyk.pdf

158. Онищенко А. В., Янчева М. О., Пак А. О., Онищенко В. М. Удосконалення ресурсозберігаючих технологій склеєних кишкових плівок із яловичої сировини фізичним та хімічним зшиванням // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Державний біотехнологічний університет. Харків: ДБТУ, 2026. Вип. 1 (39). С. 68–81. URL: <https://pttfpecbt.btu.kharkiv.ua/pttfpecbt/uk/article/view/256/277>

159. Онищенко В. М., Янчева М. О., Інжиянц С. Т., Онищенко А. В. Створення і використання склеєних кишкових плівок широкого призначення // Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 21 вересня 2023 р.: прогр. та тези матер. К.: НУХТ, 2023. С. 32. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/5638dc7f-d713-48a8-b0cd-5b7f8efc69a8/download>

160. Aramouni F., Deschenes K. Methods for Developing New Food Products: An Instructional Guide. Lancaster, PA: DEStech Publications, Inc., 2014. 410 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Methods_for_Developing_New_Food_Products.html?id=ppRQBAAAQBAJ&redir_esc=y

161. Saiyad N. 7 stages of new product development in the food industry // Medium. Sep. 24, 2025. URL: <https://medium.com/@nakiboddin.saiyad/7-stages-of-new-product-development-in-the-food-industry-111b90da53df>

162. Earle M., Earle R., Anderson A. Food product development. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, 2001. CRC Press, Boca Raton, Florida. 380 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Food_Product_Development.html?id=PoQxykXUFg4C&redir_esc=y

163. Barclay I., Dann Z., Holroyd P. New product development: A practical workbook for improving performance. London: Butterworth-Heinemann, 2000. 141 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/New_Product_Development.html?id=_Qnoq2MJ0bIC&redir_esc=y
164. Gurbuz E. Theory of new product development and its applications // Marketing. InTech. 2018. DOI: 10.5772/intechopen.74527
165. Kim Y. H., Park S. W., Sawng Y. W. Improving new product development (NPD) process by analyzing failure cases // Asia paciic journal of innovation and entrepreneurship. 2016. 10(1):134-150. DOI: <https://doi.org/10.1108/APJIE-12-2016-002>
166. Linnemann A. R., Schroën C. G. P. H., van Boekel M. A. J. S. Food product design. An integrated approach (2nd ed. completely revised). Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2011. 277 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/241871996_Food_product_design_An_integrated_approach_2nd_edition_completely_revised
167. Fuller G. W. New food product development: from concept to marketplace (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press, 2004. 408 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420058208>
168. Saguy I. S., Graf E. Food product development: from concept to the marketplace. New York: Springer, 1990. 442 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Food_Product_Development_From_Concept_to.html?id=MnGtY1PwrIoC&redir_esc=y
169. Moskowitz H. R., Porretta S., Silcher M. Concept research in food product design and development. Hoboken: Wiley, 2008. 612 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470290132>
170. Smith J., Charter E. Functional food product development. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. 528 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781444323351>
171. Nielsen A. T. Design thinking for food and beverage innovation. CRC Press, 2026. 292 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003619352>

172. Halagarda M. New food product development // Polish journal of commodity science. 2008. No 17. P. 32–41. URL: https://www.researchgate.net/publication/259054153_New_Food_Product_Development

173. Porretta S. Food development: the sensory & consumer approach // Royal society of chemistry. 2021. Ch. 1. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781839163333-00001>

174. Stetsenko N., Goyko I., Bashta, A. Modern methodology for developing functional food technology // SWorld-Ger Conference Proceedings. 2024. 1(gec36-00). 18–21. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-1783.2024-36-00-015>

175. Стеценко Н. О., Гойко І. Ю. Конструювання багатокomпонентних харчових продуктів заданої біологічної цінності з використанням інформаційних технологій // Scientific knowledge, aesthetic creativity and social practices: IV International Scientific and Practical Conference, January 23–24, 2023: proceedings. Athens, 2023. Pp. 76–78. URL: <https://dSPACE.nuft.edu.ua/items/63dd2367-2d6b-49b8-8f2a-56aa4963113f>

176. Онищенко А. В., Янчева М. О., Онищенко В. М. Вивчення дослідницьких пропозицій залучення склеєних кишкових плівок у виробництво м'ясних продуктів // Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 травня 2026 р.: тези доп. С. 74–77. К.: НУХТ, 2026.

177. Carballo J. Sausages: nutrition, safety, processing and quality improvement. Basel: MDPI, 2021. 216 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/354143606_Sausages_Nutrition_Safety_Processing_and_Quality_Improvement

178. Essien E. Sausage manufacture: principles and practice. Woodhead Publishing Limited. 2003. 89 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Sausage_Manufacture.html?id=NwpJPgAACAAJ&redir_esc=y

179. Kerry J. P., Kerry J. F., Ledward D. Meat processing: improving quality. Woodhead Publishing, 2002. 480 p. URL: https://books.google.co.in/books?id=_A-kAgAAQBAJ&
180. Naik H. R., Amin T. Processing and preservation of meat and meat products // Food processing and preservation (1st ed.). CRC Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003243250>
181. Клименко М. М., Віннікова Л. Г., Береза І. Г. та ін. Технологія м'яса та м'ясних продуктів / За ред. М. М. Клименка. К.: Вища освіта, 2006. 640 с. URL: https://tyl.at.ua/_ld/0/4_TMMP____.pdf
182. Віннікова Л. Г. Теорія і практика переробки м'яса. Ізмаїл: СМІЛ, 2000. 172 с.
183. Маньковський А. Я., Антонюк Т. А. Технологія продуктів забою тварин. К.: Агроосвіта, 2014. 336 с.
184. Віннікова Л. Г., Поварова Н. М., Синиця О. В. Основи птахівництва та переробки птиці. К.: Освіта України, 2020. 216 с. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/dc97d893-72e6-435f-aa4a-43f4433c223a/content>
185. Власенко В. В., Захаренко М. О., Гаврилюк М. Д., Яремчук О. С., Конопко І. Г. Технологія продуктів забою тварин. Вінниця: «Едельвейс і К» 2009. 448 с.
186. Власенко В. В., Середа Л. П., Бандура В. М. Технологія переробки птиці. Вінниця, 1997. 210 с.
187. Власенко В. В., Крамаренко В. В., Гирич С. В. Основи технології та товарознавства ковбас і м'ясокопченостей. Вінниця: Гіпаніс, 2001. 276 с.
188. Кишенько І. І., Старцова В. М., Гончаров Г. І. Технологія м'яса і м'ясопродуктів. К.: НУХТ, 2010. 367 с.
189. Шалимінов О. В. та ін. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів для підприємств громадського харчування всіх форм власності. К.: АСК, 2000. 848 с. URL: <https://archive.org/details/retseptury2000/page/n1/mode/2up>

190. Коваль І. О. Ковбасні вироби, натуральні продукти зі свинини, яловичини, баранини, напівфабрикати, консерви. К.: Основа, 2004. 168 с.
191. Сморочинський О. М., Петрова О. В., Стріха Л. О., Ващенко О.І. Технологія виробництва м'ясних напівфабрикатів на спеціалізованій лінії // Таврійський науковий вісник. 2018. № 100 Т. 2. С. 188–195. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_2/29.pdf
192. Чаплун Д. О. Перспективи розроблення м'ясних напівфабрикатів на основі субпродуктів // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2018. Т. 29 (68). Ч. 2. № 3. С. 154–157.
193. Новгородська Н. В., Овсієнко С. М., Разанова О. П. Інноваційні технологічні підходи до функціональних м'ясних продуктів: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк-плюс», ФОП Добрянська О.Г., 2025. 193 с. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/40258.pdf>
194. Баль-Прилипко Л. В., Чередніченко О. О., Слободянюк Н. М., Леонова Б. І., Рябовол М. В. Наукові основи та економічна доцільність створення комплексу технологій виробництва м'ясних продуктів тривалого терміну зберігання: монографія. К.: НУБіП України, 2020. 381 с.
195. Онищенко В. М., Янчева М. О., Онищенко А. В. Технологічні та споживні властивості смажених м'ясних продуктів у склеєних кишкових плівках // Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес: міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2026 р.: тези доп. Харків: ДБТУ, 2026. С. 56–57. URL: https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2026/06/conf-15-05-26_g-mater.pdf
196. Вербовський І., Кисла О. Комплексне оцінювання ефективності інноваційної діяльності підприємства (організації) // Адаптивне управління: теорія і практика». Серія «Економіка». 2024. Вип. 19(38). 24 с. DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-19\(38\)-24](https://doi.org/10.33296/2707-0654-19(38)-24)
197. Методичні рекомендації з комерціалізації розробок, створених в результаті науково-технічної діяльності. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0018745-10#Text>

198. Данилюк І. П. Економічна та соціальна ефективність впровадження ресурсозберігаючих технологій харчової продукції // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки. 2019. № 3–4. С. 119–128. DOI:

https://herald.chite.edu.ua/content/download/archive/2019/doi3_4/3_4_11.pdf

199. Вронський І. М. Оцінка ефективності інноваційного розвитку підприємства при умові забезпечення соціальної відповідальності бізнесу // Економіка і управління. 2024. Вип. 3. С. 121–128. URL: https://cms.economics-management.e-u.edu.ua/uploads/3_19_a886bd4a1c.pdf

200. Філатова О. М. Інвестиційне забезпечення розвитку інвестиційної діяльності в Україні // Автореферат дис. на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук, спец. 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. Одеса: Одеський національний технологічний університет, 2022. 22 с.

201. ТОВ «КРАМАР ЕКО». Офіційний сайт. URL: <https://kramar-eko.com.ua/uk/#>

202. Ціни на продукти. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/wares/prods/meat-food/meat/>

203. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 5: Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal / Eds. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe. Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Акт дегустації

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ТОВ «Дромам'ясо»

С.О. Дроменко

03.02.2026 р.



АКТ
дегустації м'ясних продуктів
із використанням склеєних плівок з яловичої кишкової сировини

м. Харків

03.02.2026 р.

Присутні:

Представники ТОВ «Дромам'ясо» – директор Дроменко С.О.

Представники Державного біотехнологічного університету – проф. кафедри технології м'яса Янчева М.О; проф. кафедри технології м'яса Онищенко В.М.; аспірант кафедри технології м'яса Онищенко А.В.

На дегустацію представлена м'ясна продукція на основі фаршу м'ясного в склеєних листових та рукавних плівках (оболонках) з яловичої кишкової сировини:

- смаженики м'ясні Харківські;
- ковбаса смажена Українська.

Розробники: Янчева М.О., Онищенко В.М., Онищенко А.В.

Смаженики м'ясні Харківські (являють собою вироби, сирий фарш яких загорнуто у склеєні кишкові плівки з яловичої сировини та піддано смаженню), ковбаса смажена Українська у склеєних кишкових оболонках з яловичої сировини – продукти, що відповідають вимогам діючого санітарного законодавства України і можуть бути вживані як самостійні страви.

Технологія приготування смажеників та смажених ковбас у склеєних кишкових оболонках з яловичої сировини передбачає наступні етапи: підготовка м'ясної сировини, підготовка допоміжної сировини та матеріалів, приготування фаршу, підготовка кишкових плівок (оболонки), загортання фаршу у плівки або наповнення оболонок, кулінарна обробка (бланшування, смаження) та реалізація.

Учасники дегустації зазначили, що представлені страви є натуральною їжею, що на сьогоднішній день досить актуально та популярно серед споживачів.

В ході дегустації та обміну враженнями було відзначено, що представлені розроблені технології сприяють реалізації актуальних завдань раціонального використання яловичої кишкової сировини в результаті залучення технологічних відходів у виробництво сухих склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення та ковбасних оболонок, із використанням методів фізичного та хімічного зшивання, покращенні їх механічних та функціонально-технологічних властивостей, що сприяє підвищенню економічної ефективності технологій натуральних оболонок, ковбасних виробів та інших м'ясних продуктів з їх використанням.

Представлена на дегустацію харчова продукція може реалізуватися як через мережу супермаркетів, так і в закладах ресторанного господарства будь-якого типу.

За результатами роботи дегустаційна комісія постановила:

1. Представлені технології м'ясних продуктів із використанням склеєних плівок з яловичої кишкової сировини є доволі актуальними.
2. Відзначити практичну цінність розробки, що полягає у вирішенні завдань ресурсозбереження в м'ясній промисловості та підвищенні ефективності технологій кишкових оболонок (плівок) та продукції з їх використанням.
3. Відмітити високі органолептичні показники якості представленої продукції.

Директор ТОВ «Дромам'ясо»



Дроменко С.О.

Проф. кафедри технології м'яса ДБТУ



Янчева М.О

Проф. кафедри технології м'яса ДБТУ



Онищенко В.М.

Аспірант кафедри технології м'яса ДБТУ



Онищенко А.В.

ДОДАТОК Б
Довідки про участь у виставках

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



м. Харків

18 травня 2023 р.

ДОВІДКА

**про участь у виставці, яка проводилася у рамках
І Міжнародної науково-практичної конференції
«СТАЛИЙ ЛАНЦЮГ ХАРЧУВАННЯ ТА БЕЗПЕКА КРІЗЬ НАУКУ,
ЗНАННЯ ТА БІЗНЕС»**

І Міжнародна науково-практична конференція «Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес» проводилася за ініціативи Харківської обласної державної адміністрації, Департаменту науки і освіти, Харківської торгово-промислової палати, громадської організації «Національна асоціація громадського харчування», Державної наукової установи «Інститут модернізації та змісту освіти» згідно затвердженого МОН «Переліку проведення наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки». Зустріч проходила у змішаному форматі: очному та дистанційному з використанням платформи Google Meet, що дозволило учасникам з різних регіонів України та за кордоном в режимі реального часу брати участь в її роботі.

Учасники науково-практичної конференції працювали за такими напрямками:

- інноваційні технології як складова ощадливого виробництва;
- харчові інгредієнти: фокус на функціональність і натуральність;
- харчова безпека та методи визначення фальсифікації харчових продуктів;
- повноцінне харчування та сталі дієти в харчових ланцюгах;
- інженерно-технічне забезпечення технологій харчової індустрії;
- маркетинг і відповідальне харчування в сталих харчових ланцюгах;
- підготовка практико-орієнтованих фахівців для харчової індустрії: виклики сьогодення.

На конференції було представлено 128 доповідей від 245 учасників, за результатами конференції сформовано електронний збірник матеріалів. Загалом, у роботі конференції взяли участь представники 11 закладів вищої освіти та установ України, держав Євросоюзу та Центральної Азії, а також -фахівці провідних підприємств харчової промисловості.

Міжнародна науково-практична конференція стала майданчиком для взаємної комунікації та взаємодії науки, освіти та бізнесу, що надає можливість удосконалювати процес підготовки фахівців, які відповідатимуть вимогам ринку праці, сприятиме розвитку дослідницької та інноваційної діяльності в Україні.

В режимі офлайн продемонстровано наукову продукцію, яку розроблено фахівцями ДБТУ, серед якої монографії, навчальні посібники, збірники статей, харчова продукція.

Головним напрямом роботи конференції стало забезпечення сталого розвитку індустрії харчування як складової продовольчої безпеки держави. В її основу було покладено концепцію встановлення балансу між задоволенням потреб людства та інтересами майбутніх поколінь з урахуванням потреби в безпечному і здоровому харчуванні.

Враховуючи концепцію та основні напрямки конференції для участі у виставці представлено наступні зразки продукції:

- **Соуси термостабільні на основі молочної сировини** (соус з грибами та курячею грудкою, соус каррі з філе індички, соус карбонара, соус з шинкою та копченим перцем)

Розробники – здобувач ступеню доктор філософії Янушкевич О.І., к.т.н., доцент Радченко А.Е., завідувачка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, д.т.н., професор Гринченко О.О., завідувачка кафедри технології м'яса, д.т.н., доцент Гринченко Н.Г.

- **Закуска овочеві з емульсійною структурою на основі аквафаби** (закуска «Бурячок», закуска «Морк'яно-гарбузова», закуска «Помідорчик»).

Розробники – здобувач ступеню доктор філософії Дегтяр В.В., к.т.н., доцент Радченко А.Е., завідувачка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, д.т.н., професор Гринченко О.О.

- **Напівфабрикати посічені м'ясні курячі із добавкою білково-мінеральною** (нагетси курячі з покращеними споживчими характеристиками та підвищеним вмістом засвоюваних сполук кальцію)

Розробники – здобувач ступеню доктор філософії Лещенко К.Г., к.т.н., доцент Серік М.Л., д.т.н., професор Пивоваров С.П.

- **Напівфабрикати посічені м'ясні яловичі із добавкою білково-мінеральною** (біфштекси та котлети посічені з покращеними споживчими характеристиками та підвищеним вмістом засвоюваних сполук кальцію)

Розробники – здобувач ступеню доктор філософії Лещенко К.Г., к.т.н., доцент Серік М.Л., д.т.н., професор Пивоваров С.П.

– **Напівфабрикати м'ясні реструктуровані заморожені та готові кулінарні вироби з них**

Розробники – здобувач ступеню доктор філософії Інжиянц А.Т., д.т.н., професор Янчева М.О., к.т.н., доцент Дроменко О.Б.

– **Ковбаси смажені у армованих склесних кишкових оболонках**

Розробники – здобувач ступеня доктор філософії Інжиянц С.Т., проректор з наукової роботи, д.т.н., професор Михайлов В.М., професор кафедри технології м'яса, д.т.н., доцент Онищенко В.М., завідувач кафедри фізики та вищої математики, д.т.н., доцент Пак А.О.

– **Склесні кишкові плівки багатофункціонального призначення**

Розробники – здобувачі ступеня доктор філософії Онищенко А.В., Інжиянц С.Т., декан факультету переробних і харчових виробництв, д.т.н., професор Янчева М.О., професор кафедри технології м'яса, д.т.н., доцент Онищенко В.М., завідувач кафедри фізики та вищої математики, д.т.н., доцент Пак А.О.

– **Напівфабрикат рибний зі ставкової риби** (суміш порційованих тушок коропа, товстолоба, карася очищених від луски).

Розробники – здобувач ступеню доктора філософії Кононокін В.Д., к.т.н., доцент Червоний В.М.

– **Напівфабрикат м'ясний січений з субпродуктами** (фаршева суміш з вмістом очищених слизових субпродуктів).

Розробники – здобувач ступеню доктор філософії Мироненко В.С., к.т.н., доцент Горелков Д.В.

Учасники конференції мали змогу ознайомитись із актуальними та перспективними напрямками новітніх розробок науковців ДБТУ та відмітити відповідність представленої продукції сучасним тенденціям розвитку галузі. Учасники конференції зазначили, що представлена продукція має суттєві конкурентні переваги, є затребуваною в умовах сьогодення і готова до упровадження в підприємствах харчової індустрії. Міжнародна науково-практична конференція поглибила взаємодію в триаді «університет – наука – бізнес», надала можливість бізнесу знайти науковий результат, а вченим – реалізувати власний потенціал і комерціалізувати результати наукового пошуку, що дозволить розвивати інноваційну економіку, залучати додаткові інвестиції.

Голова оргкомітету
проректор з наукової роботи ДБТУ,
д.т.н., проф.

 Валерій МИХАЙЛОВ

Заступник голови оргкомітету,
декан факультету переробних і
харчових виробництв,
д.т.н., професор

 Марина ЯНЧЕВА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002, тел. 057 7003888

<http://btu.kharkov.ua>, info@btu.kharkov.ua

Вих. № _____ від 20.11.2024 р.

ДОВІДКА

про участь Державного біотехнологічного університету у виставці наукових досягнень закладів вищої освіти та наукових установ регіону з нагоди Всесвітнього дня науки в ім'я миру та розвитку за участі керівництва Міністерства освіти і науки України та Харківської обласної військової адміністрації, що відбулася 20 листопада 2024 року у Харківському національному академічному театрі опери та балету імені М. В. Лисенка ХАТОБ в м. Харкові.

На виставці було представлено інноваційні розробки для наступних секторів:

ПРОДОВОЛЬЧИЙ:

- Хліб пшеничний підвищеної харчової цінності для осіб, що перебувають в екстремальних умовах.

Розробники: к.т.н., проф. Олійник С.Г., аспірант Білаш Б.Г.

- Хліб рисовий безглютеновий.

Розробники: ст. викл. Боровікова Н.О., д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В.

- Макаронні вироби безглютенові.

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., д.т.н., проф. Шаніна О.М., Дяньшин Я.В.

- Енергетичні батончики з гемовим залізом «Переможець» та «Захисник»; Дістична добавка «Нутріо-гем»; Антианемічна дістична добавка «Феро-гем».

Розробник: д.т.н., проф. Євлаш В.В. (розробка у межах кластеру «Повноцінне харчування для сталого розвитку суспільства»).

- Багатокомпонентні екструдовані зернопродукти «Швидкий перекус».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., аспірант Маліков К.С.

- Хліб підвищеної харчової цінності з додаванням борошна з бульб чуфи.

Розробники: к.т.н., проф. Олійник С.Г., к.т.н., доц. Степанькова Г.В., аспірант Недвіга С.В., студ. Юдіна В.Р.

- Макаронні вироби підвищеної харчової цінності з рослинними добавками.

Розробники: к.т.н., доц. Артамонова М.В., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., аспірант Воронкін А.О.

- Бісквіт «Гарбузовий».

Розробники: к.т.н., доц. Шідакова-Каменюка О.Г., студент Сливар Д.П.

- Закуски овочеві («гарбузовий карі», «український ф'южн»).

Розробники: аспірант Дегтяр В.В., к.т.н., доц. Радченко А.Е., д.т.н., проф. Гринченко О.О.

- Соуси сирний зі шпинатом та Соуси вершковий з курячим філе та печерицями.

Розробники: аспірант Янушкевич О.І., к.т.н., доц. Радченко А.Е., д.т.н., проф. Гринченко Н.Г.

- Муси овочеві на основі чечевиці.

Розробники: аспірант Лазурко Є.В., к.т.н., доц. Радченко А.Е., д.т.н., проф. Гринченко О.О.

- Ковбасні вироби у склєсних кишкових оболонках.

Розробники: д.т.н., проф. Михайлов В.М., д.т.н., проф. Онищенко В.М., д.т.н., проф. Пак А.О., д.т.н., проф. Янчева М.О., аспірант Онищенко А.В., аспірант Інжиянц С.Т.

- Ікра імітована зі смаком зі смаком: «Лосося», «Осетра», «Кети», «Золотого осетра».

Розробники: д.т.н., проф. Пивоваров П.П., д.т.н., проф. Тищенко О.П., д.т.н., проф. Гринченко Н.Г.

- Десерт фруктовий капсульований пастеризований зі смаком: «Полуниця», «Манго-маракуйя», «Ківі».

Розробники: д.т.н., проф. Пивоваров П.П., д.т.н., проф. Тищенко О.П., д.т.н., проф. Гринченко Н.Г.

- Суфле з використанням клітковини.

Розробники: к.т.н., проф. Федак Н.В., к.т.н., доц. Омельченко С.Б., аспірант Павлюк І.О.

- Зефір веганський на основі аквафаби.

Розробники: д.т.н., проф. Гринченко О.О., к.т.н., доц. Радченко А.Е., аспірант Лазурко Є.В.

- Зефір з підвищеною харчовою цінністю.

Розробники: викладач Варибрус В.П.

- Рахат-лукум «Осіннє диво» на основі плодоовочевої пасти.

Розробники: к.т.н., проф. Самохвалова О.В., к.т.н., доц. Касабова К.Р., аспірант Бабаєв С.О., к.т.н., доц. Загоруйко О.Є., к.т.н., доц. Загоруйко А.М.

- Гонконзькі вафлі з натуральними суперфудами.

Розробники: викладач Туз Н.В., викладач Бабаєв С.О.

- Алкогольні вироби (настойки зі зниженим токсичним ефектом: «Red Light», «Orange Light», «Green Light»; пиво «Аронія», та «Смарагд», напівфабрикати для слабоалкогольних напоїв).

Розробники: к.т.н., доц. Колесник В.В., к.т.н., доц. Пенкіна Н.М., к.т.н., ст. викл. Татар Л.В.

- Полікомпонентний напівфабрикат високого ступеня готовності для 3-D друку функціонального харчування.

Розробники: к.т.н., доц. Загоруйко А.М., к.т.н., доц. Загоруйко О.Є.

АГРАРНИЙ:

Інноваційні сорти зернового амаранту («Ультра», «Сем», «Лера», «Студентський» та «Харківський-1»).

Розробники: д.с.-г.н., проф. Гопцій Т.І., доктор філософії, асистент Чуйко Д.В.

ІНЖЕНЕРНИЙ:

- Вимірювально-реєстраційний комплекс та вимірювальна система для випробування мобільних машин.

Розробники: д.т.н., проф. Артьомов М.П., д.т.н., проф. Антощенков Р.В.

- Універсальний безмоторний стенд для дослідження електромагнітних газових дозаторів і елементів систем подачі палива у двигуни.

Розробники: д.т.н., доц. Манойло В.М., к.т.н., доц. Шевченко І.О.

- Лабораторна сушильна камерна установка.

Розробник: викладач Рожкова М.Г.

- Лабораторна брагоректифікаційна установка.

Розробник: викладач Рожкова М.Г.

- Сортувальна циліндрична машина (діюча модель).

Розробник: викладач Рожкова М.Г.

- Установка для видалення холодильного агента з холодильної системи для подальшої його утилізації.

Розробник: викладач Юрченко Ю.Ю.

Холодильна установка для охолодження пива (діюча).

Розробник: викладач Юрченко Ю.Ю., викладач Смілик М.М.

- Дослідно-експериментальна установка для виготовлення автономного холодильного обладнання для роботи в польових умовах.

Розробник: асистент Смілик М.М.

- Дослідно-експериментальна установка мобільного функціонального апарата для попередньої теплової обробки рослинної сировини.

Розробники: к.т.н., доц. Загорулько А.М., к.т.н., доц. Загорулько О.Є.

- Макет дослідно-експериментальної установки універсального ротаційного апарата для низькотемпературної обробки м'ясо-рослинних виробів.

Розробники: к.т.н., доц. Загорулько А.М., к.т.н., доц. Загорулько О.Є.

- Виставковий макет: вертикально-модульна геліосушарка: інноваційний механізм управління конкурентоспроможністю агропідприємств у концепції «Від лану до столу».

Розробники: к.т.н., доц. Загорулько А.М., д-р філософ. з менеджменту, доц. Міненко С.І., студ. Титатеренко Н.В.

- Виставковий макет: «Інноваційна стратегія управління конкурентоспроможністю агропромислового виробництва: від полікомпонентних напівфабрикатів до продовольчої безпеки».

Розробники: д-р філософ. з менеджменту, доц. Міненко С.І., к.т.н., доц. Загорулько А.М., аспірант Приходько М.К.

- Модель терморадіаційної одnobарабанної вальцової сушарки.

Розробники: к.т.н., доц. Загорулько А.М., к.т.н., доц. Загорулько О.Є.

ВЕТЕРНАРНИЙ:

- Імуноглобулін G до вірусу інфекційного ринотрахеїту котів на основі дисоціації імунних комплексів у кислому середовищі (спосіб виробництва).

Розробники: к.в.н., доц. Северин Р.В., к.в.н., доц. Гонтарь А.М., к.в.н., доц. Гарагуля Г.І., аспірант Рубан В.О.

- Імуностимулятор ЕТР (спосіб виробництва).

Розробники: аспірант Бурдейний Р.А., к.в.н., доц. Грінченко Д.М., к.в.н., доц. Северин Р.В., к.в.н., доц. Гонтарь А.М.

- Фітопрепарат для підвищення імунорезистентності котів при респіраторних інфекціях (спосіб виробництва).

Розробники: аспірант Глушенко Я.В., к.в.н., доц. Северин Р.В., к.в.н., доц. Гонтарь А.М., к.в.н., доц. Грінченко Д.М.

- Клейка стрічка для виділення грибка *malassezia* у собак (спосіб виробництва).

Розробники: аспірант Чуприна М. І., к.в.н., доц. Северин Р.В., к.б.н., доц. Іванченко І.М., к.в.н., доц. Гарагула Г.І.

- Спосіб діагностики тварин за репродуктивних патологій використовуючи «Тепловізор ТІ – 120».

Розробники: д.б.н., проф. Кошевой В.П., д.в.н., проф. Науменко С.В., д.в.н., проф. Федоренко С.Я., д. ф. з ветеринарної медицини, ас. Кошевой В.І.

- Техніка блокад із застосуванням нейростимулятора Stimuplex HNS 12 – ізольованих голок та внутрішньовенних катетерів з метою пролонгованої аналгезії, які забезпечують надійність техніки та профілактику ускладнень.

Розробник: проф. Слюсаренко Д.В.

- Ветеринарний препарат ІЗІХЕЛС

Розробник: проф. Слюсаренко Д.В.



Проректор з наукової роботи ДБТУ

Валерій МИХАЙЛОВ

ВИКОНАВЕЦЬ:

Старший науковий співробітник
Науково-дослідної частини
Андрій ЗАГОРУЛЬКО
тел.: 050-54-74-173

ДОДАТОК В

Акти впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
Державний біотехнологічний університет

ЗАТРЕБКУЮ

Директор виконавчий

ТОВ «КАПС ФУД СИСТЕМС»

А. С. Оробченко
2023 р.

Директор виконавчого
ТОВ «КАПС ФУ
«КАПС ФУ»
№44527900
ДЛЯ ДОКУМЕНТІВ
УКРАЇНА

АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник _____ ТОВ «КАПС ФУД СИСТЕМС»
(найменування організації)
_____ Директор виконавчий Оробченко А.С.
(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати роботи, яку виконано за темою «Наукові та практичні аспекти запровадження принципів ощадливого виробництва (learn producton) в технологіях продукції м'ясопереробної галузі»

на кафедрі технології м'яса
яка виконувалася з 1 кварталу 2023 р. по теперішній час
впроваджені на підприємстві ТОВ «КАПС ФУД СИСТЕМС»
(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впровадження результатів: технології склеєних кишкових ковбасних оболонкок та виробництва дослідної партії смажених ковбас з їх використанням

2. Характеристика масштабу впровадження: дослідно-промислова партія
(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження:
Методика (метод): дослідно-промислова апробація

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нові
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка акт відпрацювання № 1 від 09.02.2023 р.
(вказати номер і дату актів випробувань, найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- в промислове виробництво ТОВ «КАПС ФУД СІСТЕМС», цех з виробництва напівфабрикатів
- в проектні роботи —

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається)
очікуваний _____ тис.грн.
(від впровадження в проект)

фактичний _____ тис.грн. _____
у тому числі часткова (дольова) участь ВНЗ _____

_____ тис.грн. _____
 (%, цифрами і прописом)
 8. Питома економічна ефективність впровадження
 результатів _____
 _____ грн/грн. _____

9. Обсяг впровадження: смажені ковбаси з використанням склеєних кишкових ковбасних оболонок, обсяг партія 50 кг

10. Соціальний і науково-технічний ефект полягає у створенні удосконаленої категорії харчової продукції – смажених ковбас з використанням склеєних кишкових ковбасних оболонок. Упровадження нової технології дозволяє забезпечити раціональне використання сировини, розширити асортимент, збільшити обсяги виробництва, формувати принципи якості та підвищення економічної ефективності виробництва продукції завдяки запровадженню інноваційних ресурсозберігаючих техніко-технологічних рішень.

(охорона навколишнього середовища, надр, оздоровлення та покращення умов праці, удосконалення структури управління, науково-технічних напрямків, спеціальні призначення)

Примітка. Цей акт впровадження завіряється гербовою печаттю з боку Замовника і з боку Виконавця.

Додаток: 1. Розрахунок фактичного (очікуваного від впровадження та проект річного економічного ефекту, підписаний начальником планового відділу (начальником техніко-економічного відділу для НДІ), технічного відділу, гл. бухгалтером (для розрахунків фактичного ефекту) і завірений гербовою печаттю.

2. Довідка про соціальний ефект, підписана начальником технічного відділу, начальником планового відділу, завірена гербовою печаттю.

ВІД ДБТУ

 _____ В.М. Онищенко
 _____ Н.Г. Гринченко
 _____ А.С. Старченко
 _____ Д.С. Фесунов

ВІД ПІДПРИЄМСТВА

Директор з виробництва
 ТОВ «КАПС ФУД СІСТЕМС»

 _____ О.Д. Вітанова

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи ДБТУ



Валерій МИХАЙЛОВ

(підпис)

2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Дромам'ясо»



С.О. ДРОМЕНКО

(ініціали, прізвище)

2026 р.

А К Т

ВІРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ
У ВИРОБНИЦТВО

Замовник ТОВ «Дромам'ясо»

(найменування організації)

Директор Дроменко С.О.

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи
«Удосконалення технології склеєних кишкових ковбасних оболонки з
яловичої сировини»,

(найменування теми, № держ. реєстрації)

яка виконується на кафедрі технології м'яса,

(цифрами та прописом)

з 10.2022 року по теперішній час,

впроваджені на ТОВ «Дромам'ясо»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів: Технології виробництва сухих
склеєних плівок багатофункціонального призначення, оболонки з яловичої
кишкової сировини, удосконалені методами фізичного та хімічного
зшивання, та м'ясної продукції з їх використанням.

(експлуатація виробу, роботи, технології, виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2. Характеристика масштабу впровадження: дослідно-промислові
партії.

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження: дослідно-промислова апробація на підставі
наданих рекомендацій.

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нові,
удосконалення та модернізація існуючих розробок.

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка: —

(вказати номер і дату актів випробувань, найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- в промислове виробництво ТОВ «Дромам'ясо», виробничий цех.

(ділянка, цех/и, процес)

- в проектні роботи —

(вказати об'єкт, підприємство)

7. Обсяг впровадження: 1) сухі склеєні плівки багатофункціонального призначення з яловичої кишкової сировини (листові, ширина – 500 мм) – 3,0 м; 2) склеєні кишкові оболонки ковбасні (діаметр – 45 мм) – 8 м; 3) м'ясна продукція із використанням склеєних кишкових плівок із яловичої сировини: смаженики м'ясні Харківські – 6,3 кг; ковбаса смажена Українська – 11,5 кг.

8. Соціальний і науково-технічний ефект полягає у раціональному використанні яловичої кишкової сировини в результаті залучення технологічних відходів у виробництво сухих склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення та ковбасних оболонок, із використанням методів фізичного та хімічного зшивання, покращенні їх механічних та функціонально-технологічних властивостей, що сприятиме підвищенню економічної ефективності технологій натуральних оболонок, ковбасних виробів та інших м'ясних продуктів.

(охорона навколишнього середовища, надр, оздоровлення та покращення умов праці, удосконалення структури управління, науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

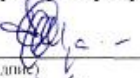
**ВІД ВИКОНАВЦЯ
(ДБТУ)**

Професор кафедри технології м'яса:


(підпис)

М.О. Янчева
(ініціали, прізвище)

Професор кафедри технології м'яса:


(підпис)

В.М. Онищенко
(ініціали, прізвище)

Аспірант кафедри технології м'яса:


(підпис)

А.В. Онищенко
(ініціали, прізвище)

«05» 02. 2026 р.

**ВІД ПІДПРИЄМСТВА
(ТОВ «Дромам'ясо»)**

Директор:


(підпис)

С.О. Дроменко
(ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи ДБТУ



Валерій МИХАЙЛОВ

2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Фламінго 2017»



О.Г. АХМЕДОВА

(підпис) (нашати, прізвище)

« 13 »

2026 р.

А К Т
ВІПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ
У ВИРОБНИЦТВО

Замовник ТОВ «Фламінго 2017»

(найменування організації)

Директор Ахмедова О.Г.

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи «Удосконалення технологій склеєних кишкових плівок з яловичої сировини та м'ясних продуктів з їх використанням» та бакалаврської роботи «Проект технологічної лінії з обробки кишок великої рогатої худоби потужністю 400 комплектів за зміну»

(найменування теми, № держ. реєстрації)

які виконуються на кафедрі технології м'яса,

(цифрами та прописом)

з 01.10.2022 року та 20.04.2026 р. (відповідно) по теперішній час,

впроваджені на ТОВ «Фламінго 2017»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів: Технології виробництва сухих склеєних плівок багатофункціонального призначення з яловичої кишкової сировини із використанням методів фізичного та хімічного зшивання.

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2. Характеристика масштабу впровадження: дослідно-промислова партія.

(унікальне, одиначне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження: дослідно-промислова апробація на підставі наданих рекомендацій.

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нові, удосконалення та модернізація існуючих розробок.

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка: —

(вказати номер і дату актів випробувань, найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- в промислове виробництво ТОВ «Фламінго 2017», цех з обробки та калібрування кишкових оболонок

(ділянка, цех/и, процес)

- в проектні роботи —

(вказати об'єкт, підприємство)

7. Обсяг впровадження: сухі склеєні плівки багатофункціонального призначення з яловичої кишкової сировини: листові плівкові матеріали (ширина – 500 мм) – 5,0 м; рукавні плівки (діаметр – 45 мм) – 10 м.

8. Соціальний і науково-технічний ефект полягає у раціональному використанні яловичої кишкової сировини в результаті залучення технологічних відходів у виробництво сухих склеєних кишкових плівок багатофункціонального призначення, із використанням методів фізичного та хімічного зшивання, покращенні їх механічних та функціонально-технологічних властивостей, що сприятиме підвищенню економічної ефективності технологій натуральних оболонкок, ковбасних виробів та інших м'ясних продуктів.

(охорона навколишнього середовища, надр, оздоровлення та покращення умов праці, удосконалення структури управління, науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

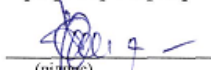
ВІД ВИКОНАВЦЯ (ДБТУ)

Професор кафедри технології м'яса:


(підпис)

М.О. Янчева
(ініціали, прізвище)

Професор кафедри технології м'яса:


(підпис)

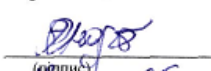
В.М. Онищенко
(ініціали, прізвище)

Аспірант кафедри технології м'яса :


(підпис)

А.В. Онищенко
(ініціали, прізвище)

Студент факультету переробних і харчових виробництв:


(підпис)

А.В. Ахмедов
(ініціали, прізвище)

« 15 » 05 2026 р.

ВІД ПІДПРИЄМСТВА (ТОВ «Фламініго 2017»)

Директор:


(підпис)

О.Г. Ахмедова
(ініціали, прізвище)

Майстер паку:


(підпис)

К.Р. Нестерова
(ініціали, прізвище)

2026 р.

ДОДАТОК Г

Акти впровадження результатів наукових досліджень в освітній процес



ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Державного біотехнологічного
університету

Валерій МИХАЙЛОВ

«25» вересня 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
Державного біотехнологічного
університету

Максим СЕРІК

«25» вересня 2023 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт в освітній процес закладів вищої освіти

Замовник Державний біотехнологічний університет
(найменування організації)
в/о ректора ДБТУ Кудряшов Андрій Ігорович
(П.І.Б. керівника організації)

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи
17-23 Д «Розроблення та запровадження системи НАССР для продукції з м'ясної сировини»,
Державний реєстраційний номер: 0123U103198
(найменування тем. № держ. реєстрації)

виконаної кафедра технологій м'яса
(найменування кафедри)

виконуваної 2023 рік
(термін виконання)

впроваджені факультет переробних і харчових виробництв
(найменування структурного підрозділу, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впровадження результатів НМКД з дисципліни «Контроль якості та безпека продукції галузі», «Харчові технології» (опорний конспект лекцій, курсові роботи, кваліфікаційні роботи), НДРС

(технологія, обладнання, методи, тощо)

2. Форма впровадження НМКД з дисципліни «Контроль якості та безпека продукції галузі», «Харчові технології» (опорний конспект лекцій, курсові роботи, кваліфікаційні роботи), НДРС (ТЕМА 4 Характеристика системи НАССР, принципи розробки та запровадження)

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт принципово нове
(ініціаторське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модернізація старих розробок)

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР «Контроль якості та безпека продукції галузі», «Харчові технології»

5. Соціальний і науково-економічний ефект ефект полягає в ознайомленні здобувачів вищої освіти з основними алгоритмами та принципами розробки системи НАССР для продукції з м'ясної сировини, а також формування у студентів практичних навичок з впровадження систем менеджменту якості та харчової безпеки в закладах ресторанної індустрії сучасних форматів та підприємствах харчової промисловості

Зав. Кафедрою

(підпис)

Наталя ГРИНЧЕНКО
(ініціали, прізвище)

Керівник НДР

(підпис)

Наталя ГРИНЧЕНКО
(ініціали, прізвище)

«25» вересня 2023 р.

Відповідальний за впровадження

(підпис)

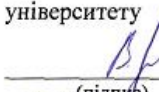
Тетяна ГОЛОВКО
(ініціали, прізвище)

(підпис)

Артем ОНИЩЕНКО
(ініціали, прізвище)

«25» вересня 2023 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Державного біотехнологічного
університету
(підпис) Валерій МИХАЙЛОВ
«03.» 03. 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
Державного біотехнологічного
університету
(підпис) Максим СЕРІК
«03.» 03. 2026 р.**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ****результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських
і технологічних робіт в освітній процес закладів вищої освіти**Замовник Державний біотехнологічний університет,

(найменування організації)

в.о. ректора ДБТУ Москаленко Олена Вячеславівна

(П.І.Б. керівника організації)

Дійсним актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи

«Удосконалення технологій склеєних кишкових плівок з яловичої сировини та м'ясних
продуктів з їх використанням»

(найменування теми, № держ. реєстрації)

яка виконується на кафедрі технології м'яса,

(найменування кафедри)

з 10.2022 року по теперішній час,

(терміни виконання)

впроваджені в освітній процес кафедри технології м'яса факультету переробних і
харчових виробництв ДБТУ (в тому числі під час педагогічної практики в рамках
індивідуального навчального плану аспіранта Онищенко А.В.)

(найменування структурного підрозділу, де здійснювалося впровадження)

1. Вид впроваджених результатів: Спосіб виробництва сухих склеєних плівокбагатофункціонального призначення з яловичої кишкової сировини

(технологія, обладнання, методики, тощо)

2. Форма впровадження: НМКД, силабус, лекції, лабораторні заняття, візуальне
супроводження курсу, курсові проекти, кваліфікаційні роботи бакалаврів та магістрів,
НДРС3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: удосконалення та модернізація існуючих
розробок

(піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модернізація старих розробок)

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР:

«Інноваційні технології пакування та зберігання м'яса та м'ясних продуктів»,
«Управління якістю продукції м'ясопереробних підприємств», «Сучасні тренди пакування
харчових продуктів»5. Соціальний і науково-економічний ефект полягає в ознайомленні майбутніх фахівців з
основними результатами наукових досліджень з удосконалення та модернізації способу
виробництва сухих склеєних плівок багатофункціонального призначення з яловичої
кишкової сировини, формуванні навичок науково-дослідної роботи у студентів, стимулюванні
активності і творчої діяльності студентів, підготовці студентів до виконання аналітичних
досліджень та прийняття сучасних інноваційних рішень, розширенні професійних знань
студентів на етапі післявузівської освіти.

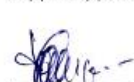
Зав. кафедрою:


(підпис) Н.Г. Гринченко
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації:


(підпис) М.О. Янчева
(ініціали, прізвище)
«03.» 03. 2026 р.

Відповідальні за впровадження:


(підпис) В.М. Онищенко
(ініціали, прізвище)
(підпис) А.В. Онищенко
(ініціали, прізвище)
«03.» 03. 2026 р.