

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТРИВАЛОСТІ ТЕПЛОВОЇ КОАГУЛЯЦІЇ СКЛЕЄНИХ КИШКОВИХ ОБОЛОНОК

В.М. Михайлов, В.М. Онищенко, А.О. Пак, А.В. Пак

Запропоновано заходи з формування теплокоагуляційного шва в технології склеєних кишкових оболонок із метою підвищення та стабільності їх міцнісних характеристик. Визначено діапазони раціональної температури та тривалості теплової коагуляції склеєних кишкових оболонок. Розроблено експериментальні установки для теплової коагуляції, дослідження міцності шва та зшивання кишкових оболонок шляхом теплової коагуляції вихідної сировини.

Ключові слова: склеєні кишкові оболонки, тепла коагуляція, шов, зшивання, міцність.

DETERMINATION OF RATIONAL TEMPERATURE AND THERMAL COAGULATION DURATION OF GLUED NATURAL CASINGS

V. Mykhailov, V. Onyshchenko, A. Pak, A. Pak

Works are devoted to the glued natural casings technology improvement, in which intestinal strips number and location increasing, elasticity providing through dehumidification are proposed for strength increasing. Data are known about glued strength of casings are subjected to additional vegetable tanning. At the same time, the problem of stable strong adhesion creating in the technology of glued natural casings is unsolved.

Additional thermal coagulation is proposed to use; it creates an additional reinforcing seam and increases the resistance to stratification of casing films with taking into account the need to eliminate the main disadvantage of glued natural casings, which is their stratification in the aquatic environment.

The purpose of the study is glued natural casings samples rational temperature and thermal coagulation duration determination, under which sufficient strength of the additional reinforcing seam for their further use achieves.

The ranges from which it is needed to choose the rational duration and thermal coagulation temperature of glued natural casings are determined on the base of the results of experimental data processing and analysis which are obtained during the thermal coagulation seam strength study. Such coagulation duration ranges, which are determined graphically, are: for the temperature of working elements 150 °C – 10–12 s; for the working elements temperature of 160 °C – 8–10 s; for the working elements temperature of 170 °C – 5–7 s; for the working

elements temperature of 180 °C – 5–7 s. The buckling load values for the above ranges of thermal coagulation duration are: for the working elements temperature of 150 °C – 12–14 N/m; for the working elements temperature of 160 °C – 15–16 N/m; for the working elements temperature of 170 °C – 14,5–15,5 N/m; for the working elements temperature of 180 °C – 15–16 N/m. As it can be seen from the above results, the buckling load under thermal coagulation seam use increases compared to the control sample by 4.0–5.5 times.

The experimental plant for natural casings samples thermal coagulation is developed.

The experimental plant is developed for seam is obtained by natural casings samples thermal coagulation, strength study.

The experimental plant for natural casings stitching by thermal coagulation of raw material is developed.

Keywords: *glued natural casings, thermal coagulation, seam, stitching, strength.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Рациональному використанню тваринної сировини в харчових технологіях приділяється пильна увага як із боку виробників, так і серед науковців. Особливий інтерес викликає залучення в технологічний процес відходів кишкового виробництва, що становлять 15–20% [1; 2]. Оскільки основним призначенням кишок худоби, з позиції використання в харчовому виробництві, є виготовлення ковбасних оболонок [3], постає актуальне завдання розробки, удосконалення й запровадження ефективних технологій склеєних кишкових оболонок (СКО).

Ураховуючи необхідність усунення основного недоліку СКО, що полягає в їх розшаруванні в умовах водного середовища, запропоновано застосування додаткових електрофізичних способів склеювання-фіксації [4], зокрема теплової коагуляції, за якої створюється додатковий зміцнювальний шов та підвищується опір розшаруванню кишкових плівок. Висунуте припущення ґрунтується на фізико-хімічних та біохімічних властивостях колагену та еластину [5; 6] як основних складових підслизового шару фабрикату кишок [1; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень із цієї проблематики свідчить, що способи вдосконалення технології склеєних кишкових оболонок розглядались у працях, у яких із метою підвищення міцності запропоновано збільшення кількості та розташування кишкових смуг, надання еластичності внаслідок відволожування [7]. Одержано дані щодо міцності склеювання фабрикатів кишок, підданих додатковому рослинному дубленню [8]. Проте проблема створення стійкого міцного зчеплення в технології СКО залишається не вирішеною.

Мета статті – визначення раціональної температури та тривалості теплової коагуляції зразків СКО, за яких досягається достатня міцність додаткового зміцнювального шва для їх подальшого використання. Завдання дослідження: розробка експериментальної установки для теплової коагуляції зразків СКО; розробка експериментальної установки для дослідження міцності шва, отриманого внаслідок теплової коагуляції зразків СКО; обробка й аналіз експериментальних даних, отриманих під час дослідження міцності шва, що утворюється внаслідок теплової коагуляції зразків СКО; розробка установки для зшивання кишкових оболонок способом теплової коагуляції вихідної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженні використано фабрикти свинячих черев, оброблені та підготовані згідно з чинними технологічними інструкціями. Після звільнення від солі, промивання та витримання у воді фабрикти розрізали, уклали одержані стрічки на форму у вигляді циліндра та сушили за температури 35...39 °С до вологовмісту не більше 10%.

Для створення шва між зразками кишкових оболонок було розроблено та змонтовано установку (рис. 1), що складається із двох нагрівальних поверхонь (1), зроблених із матеріалу з високою теплопровідністю та ємністю. Між нагрівальними поверхнями закріплена шарнірна завеса, яка дає можливість їх зведення. До нагрівальних поверхонь жорстко прикріплені робочі елементи для теплової коагуляції зразків сировини. Вони являють собою паралелепіпедні пластини з алюмінію. Товщина пластини h дорівнює 1×10^{-3} м, а довжина $l - 50 \times 10^{-3}$ м. Під час зведення нагрівальних поверхонь робочі елементи для теплової коагуляції досліджуваних зразків стикаються площинами $h \times l$. Живлення нагрівальних поверхонь, а відповідно, і їх температура, регулюються автотрансформатором (5). Значення напруги та сили струму фіксуються за допомогою вольтметра (3) й амперметра (4) відповідно. Контроль за температурою реалізується з використанням термометра (6).

На початку експерименту за допомогою автотрансформатора, який живить нагрівальні поверхні, встановлюють напругу та силу струму, що відповідають визначеній температурі. Витримують час до встановлення рівноваги в системі «нагрівальні поверхні – навколишнє середовище». На нижній робочий елемент (2) установки розміщують зразок, який підлягає зшиванню за допомогою теплової коагуляції, та зводять нагрівальні поверхні. Тобто проводять затискання зразка із двох шарів кишкової оболонки між робочими елементами з визначеною температурою. При цьому тривалість затискання змінювалась дискретно в діапазоні від 2 с до 15 с. Значення температури фіксується за допомогою термометра (6). Температура також змінювалась дискретно в діапазоні від 150 °С до 180 °С.

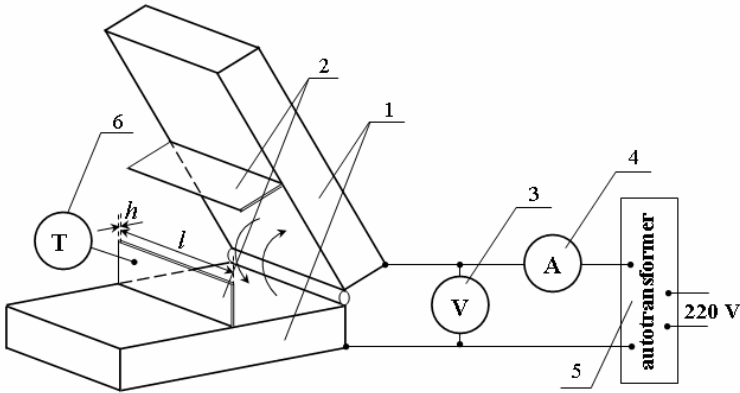


Рис. 1. Експериментальна установка для теплової коагуляції зразків СКО: 1 – нагрівальні поверхні; 2 – робочі елементи для теплової коагуляції зразків сировини; 3 – вольтметр; 4 – амперметр; 5 – автотрансформатор; 6 – термометр

Для визначення міцності шва між зразками СКО, отриманого внаслідок теплової коагуляції, використовувалась установка, показана на рис. 2.

Зразки СКО, що склались із двох шарів, додатково зшитих за допомогою теплової коагуляції на експериментальній установці з рис. 1, перед проведенням дослідження на установці з рис. 2 попередньо замочувались у воді впродовж 3 хв. Шари роз'єднували до отриманого шва. Кожен із шарів закріплювали у тримачах-затискачах (3). До нижнього затискача-тримача під'єднується ємність (4), яка виконує функцію змінного навантаження. Далі з використанням системи, що складається з ємності з водою (5), краплеутворювача (6) та капіляра (7), збільшували навантаження шляхом повільного додавання води в ємність 4. Навантаження збільшували до моменту розриву шва між шарами кишкових оболонок. Далі навантаження зважували та розраховували силу тяжіння, яку воно створює.

Значення навантаження, за якого розірвався шва між шарами СКО, вважалось розривним (P). Воно нормувалось на довжину шва:

$$P = \frac{F}{l} . \quad (1)$$

де F – сила, яку створює навантаження, Н;
 l – довжина шва, м.

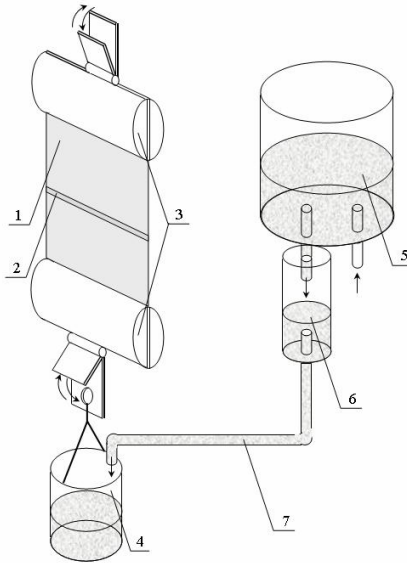


Рис. 2. Експериментальна установка для дослідження міцності шва, отриманого внаслідок теплової коагуляції дослідних зразків: 1 – зразок СКО; 2 – шов, отриманий із використанням установки з рис. 1; 3 – тримач-затискач; 4 – навантаження; 5 – ємність із водою; 6 – краплеутворювач; 7 – капіляр

Розривне навантаження для швів дослідних зразків порівнювали з навантаженням зразка із двох шарів кишкової оболонки без зшивання їх за допомогою теплової коагуляції. Розривне навантаження для такого контрольного зразка становить 3 Н/м.

За описаними методиками досліджено міцність швів між шарами кишкових оболонок, отриманих унаслідок теплової коагуляції. Результатом цього дослідження є тривимірний масив даних, в якому кожному зразку відповідають два визначених параметри: температура, за якої проводилась тепла коагуляція (тобто температура T робочих елементів установки з рис. 1), та тривалість теплової коагуляції (тобто час τ , упродовж якого проводять затискання зразка СКО із двох шарів між робочими елементами з визначеною температурою). Третій параметр – це значення розривного навантаження для шва між шарами СКО, який отримано за відповідних установлених параметрів (тобто за відповідних T і τ).

На рис. 3а показано поверхню, побудовану за означеним масивом даних. На осях відкладені розривне навантаження, температура та тривалість теплової коагуляції. Для наочності на рис. 3б також наведено томограму побудованої поверхні.

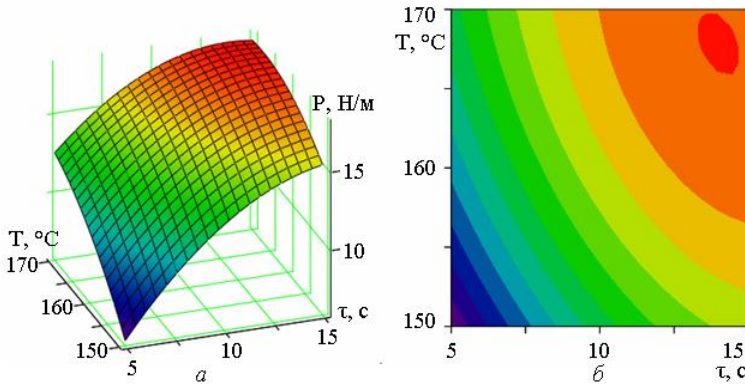


Рис. 3. Значення розривного навантаження для шва між шарами кишкових оболонок, утвореного за різної температури робочих елементів та тривалості теплової коагуляції (а), та томограма отриманої поверхні (б)

Як видно з рис. 3, наведена поверхня має вигин відносно площини $0T \times 0\tau$. Тобто розривне навантаження змінюється нелінійно в разі зміни як температури, так і тривалості теплової коагуляції. Це доводить і томограма поверхні: ширина ліній одного кольору нелінійно збільшується зі збільшенням аргументів T і τ .

Для більш детального аналізу отриманих експериментальних даних на рис. 4 наведено залежності розривного навантаження для шва між шарами СКО від тривалості теплової коагуляції за різної температури робочих елементів.

Апроксимація експериментальних даних, наведених на рис. 4, проводилась поліноміальною функцією:

$$f(x) = a_0 + \sum_n a_n. \quad (2)$$

На рис. 4 видно, що характер отриманих залежностей схожий. Вони монотонно зростають зі збільшенням тривалості теплової коагуляції. При цьому відбувається поступове зменшення кута нахилу кривої відносно осі, на якій відкладено тривалість коагуляції. Так, для залежності, отриманої за температури коагуляції 150°C , у разі збільшення тривалості від 5 с до 10 с, тобто на 100%, розривне

навантаження збільшується з 7 Н/м до 13 Н/м, тобто на 86%. Для цієї самої залежності за умови збільшення тривалості від 10 с до 15 с, тобто на 50%, розривне навантаження збільшується з 13 Н/м до 15 Н/м, тобто лише на 15%. Подальше збільшення тривалості коагуляції не дає суттєвого збільшення розривного навантаження.

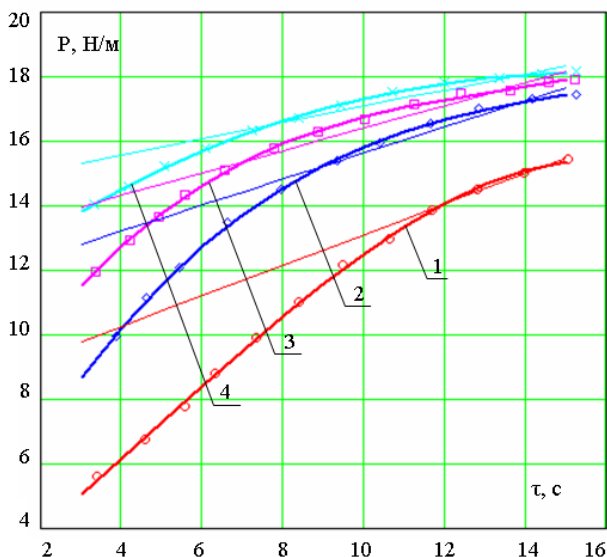


Рис. 4. Залежність розривного навантаження для шва між шарами СКО від тривалості теплової коагуляції за різної температури робочих елементів, °С: 1 – 150; 2 – 160; 3 – 170; 4 – 180

Очевидно, досягається максимальне значення розривного навантаження, яке може бути створене за цієї температури отримання шва між двома шарами СКО. При цьому подальше збільшення тривалості проведення теплової коагуляції слід вважати неефективним із точки зору енергетичних витрат, оскільки воно не дає видимого результату.

Очевидно, такий самий висновок можна зробити і для інших залежностей, наведених на рис. 3. Відрізняються ці залежності положеннями відносно осі, на якій відкладено розривне навантаження P , а відповідно, і значенням максимального розривного навантаження.

Із метою виявлення раціональної тривалості теплової коагуляції за різної температури робочих елементів для отримання шва між двома шарами кишкових оболонок проведено апроксимацію експериментальних даних лінійною функцією:

$$f(x) = b_0 + b_1 \cdot x. \quad (3)$$

Діапазон апроксимаційних даних обирався таким чином. Перша точка масиву даних, для якого проводилась лінійна апроксимація, за шкалою температур відповідала максимальній тривалості, для якої проводились експериментальні дослідження, тобто 15 с. Остання точка обиралась, виходячи з коефіцієнта кореляції між отриманою лінійною апроксимаційною функцією (3) та поліноміальною апроксимаційною функцією (2). Вихідною умовою було те, що коефіцієнт кореляції не повинен був перевищувати 0,95. Необхідно відзначити, що на лінійній ділянці, для якої проводилась апроксимація, збільшення розривного навантаження відбувалось не більше ніж на 10%.

Виходячи з вигляду наведених лінійних апроксимаційних функцій, існує можливість визначення діапазону, з якого слід обирати раціональну тривалість теплової коагуляції. Такими діапазонами тривалості коагуляції, визначеними графічно, є: 10–12 с для температури робочих елементів 150 °С; 8–10 с для температури робочих елементів 160 °С; 5–7 с для температури робочих елементів 170 °С; 5–7 с для температури робочих елементів 180 °С.

Значення розривного навантаження для вищезазначених діапазонів тривалості теплової коагуляції становлять: 12–14 Н/м для температури робочих елементів 150 °С; 15–16 Н/м для температури робочих елементів 160 °С; 14,5–15,5 Н/м для температури робочих елементів 170 °С; 15–16 Н/м для температури робочих елементів 180 °С.

Як видно з наведених результатів, розривне навантаження за умови створення шва з використанням теплової коагуляції збільшується порівняно з контрольним зразком у 4,0–5,5 рази. Таким чином, операція зі створення шва тепловою коагуляцією між шарами кишкових оболонок дозволяє суттєво розширити технологічні властивості отриманого матеріалу.

Виходячи з результатів проведених досліджень, розроблено робочі органи установки для зшивання кишкових оболонок шляхом локальної теплової коагуляції між шарами вихідної сировини (рис. 5).

Установка працює таким чином. Волога вихідна сировина (нарізани смуги фабрикату кишок 2) по спіралі навиваються на циліндричний шаблон 1. Поверхня шаблону має антиадгезійне покриття (наприклад, вкрита шаром фторопласту). Після цього циліндричний шаблон із вихідною сировиною, навитою на нього, висушують у сушарці до вологовмісту 8–15%. Далі підготовану таким чином сировину на циліндрі розміщують між нагрівальними поверхнями 3 з визначеною температурою, що мають форму порожнистих напівциліндрів з оребренням 4, 5.

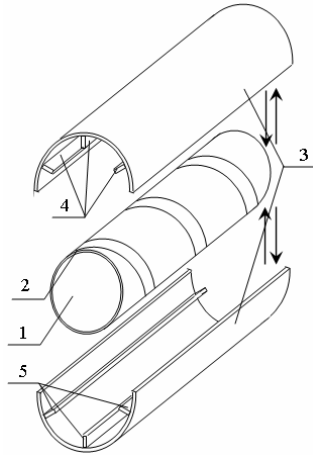


Рис. 5. Робочі органи установки для зшивання кишкових оболонок шляхом теплової коагуляції вихідної сировини: 1 – циліндричний шаблон для отримання оболонки визначених розмірів; 2 – кишкові оболонки, навиті спіраллю з перекриттям крайових ділянок; 3 – нагрівальні поверхні у формі порожнистого напівциліндра; 4, 5 – оребрення, що виконує функції робочих елементів для створення шва тепловою коагуляцією

Напівциліндри привідним механізмом одночасно притискають оребреною частиною до кишкової сировини на поверхні циліндричного шаблону. Витримують певний час відповідно до температури, яку мають нагрівальні поверхні. Поверхні розводять і знімають із циліндра зшити оболонку. Варіювання розміру отримуваної оболонки (діаметр і довжина) із кишкової сировини проводиться вибором відповідних розмірів циліндричного шаблону та нагрівальних поверхонь (діаметр і довжина).

Висновки. Розроблено експериментальну установку для теплової коагуляції зразків кишкових оболонок.

Розроблено експериментальну установку для дослідження міцності шва, отриманого внаслідок теплової коагуляції зразків кишкових оболонок.

На підставі результатів обробки й аналізу експериментальних даних, отриманих під час дослідження міцності шва, що утворюється внаслідок теплової коагуляції, визначено діапазони, з яких слід обирати раціональні тривалість і температуру теплової коагуляції склеєних кишкових оболонок. Установлено, що розривне навантаження за умови створення шва з використанням теплової коагуляції збільшується порівняно з навантаженням контрольного зразка у 4,0–5,5 разу.

Розроблено установку для зшивання кишкових оболонкок шляхом теплової коагуляції вихідної сировини.

Список джерел інформації / References

1. Сидорова Е. В. Кишечное производство. Наука и практика / Е. В. Сидорова, И. В. Сусь. – М. : Эдиториал сервис, 2011. – 228 с.

Sidorova, E., Sus, I. (2011), *Intestinal production. Science and practice [Kishechnoye proizvodstvo. Nauka i praktika]*, Editorial service, Moscow, 228 p.

2. Антипова Л. В. Получение коллагеновых субстанций на основе ферментативной обработки вторичного сырья мясной промышленности / Л. В. Антипова, И. А. Глотова // Известия вузов. Пищевая промышленность. – 2000. – № 5–6. – С. 17–21.

Antipova, L., Glotova, I. (2000), “Obtaining collagen substances based on enzymatic treatment of secondary raw material in meat industry” [“Poluchenie kollagenovyih substantsiy na osnove fermentativnoy obrabotki vtorichnogo syrya myasnoy promyishlennosti”], *Izvestiya vuzov. Pischevaya promyishlennost*, No. 5-6, pp. 17-21.

3. Онищенко В. М. Наукові та практичні аспекти виробництва і застосування натуральних ковбасних оболонкок : монографія / В. М. Онищенко, Л. Ю. Шубіна, М. О. Янчева. – Х. : ХДУХТ, 2009. – 149 с.

Onishchenko, V., Shubina, L., Yancheva, M. (2009), *Scientific and practical aspects of the manufacture and use of natural sausage coatings [Naukovi ta praktychni aspekty vyrobnytva i zastosuvannya natural'nyh kovbasnyh obolonok: monografija]*, KSUFTT, Kharkiv, 149 p.

4. Михайлов В. М. Теоретичні та практичні передумови удосконалення технології склеєних кишкових оболонкок / В. М. Михайлов, В. М. Онищенко // 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.

Mikhailov, V., Onyshchenko, V. (2016), “Theoretical and practical prerequisites for the improvement of technology of glued intestinal membranes” [“Teoretychni ta praktychni peredumovy udoskonalennya tekhnolohiyi skleyenykh kyshkovykh obolonok”], *Progressive technique and technologies of food production of restaurant economy and trade*, KSUFTT, Kharkiv, Vol. 1(23), pp. 7-15.

5. Fratzl, P. (2008), *Collagen: Structure and Mechanics*, Springer Science+Business Media, LLC, New York, 506 p.

6. Янчева М. О. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів / М. О. Янчева, Л. В. Пешук, О. Б. Дроменко. – К. : Центр учбової літ-ри, 2009. – 304 с.

Yancheva, M., Peshuk, L., Dromenko, O. (2009), *Physical, chemical and biochemical background of meat and meat products technology [Fizyko-khimichni ta biokhimichni osnovy tekhnolohiyi m'yasa ta m'yasoproduktiv]*, Tsentr uchbovoyi literatury, Kyiv, 304 p.

7. Пат. 2326540 Российская Федерация: МПК 2006 А 22 С13/00, А 22 С17/14, А 22 С 17/16. Способ производства оболочек из свиных черев / Уртя С. Н., Лавриненко И. В., Сидорова Е. В., Носова Т. И., Денисова О. И.

(Российская Федерация) ; заявители и патентообладатели Уретья С. Н., Лавриненко И. В., Сидорова Е. В., Носова Т. И., Денисова О. И. – № 2005120659/13 ; заявл. 04.07.2005 ; опубл. 20.01.2007, Бюл. № 7. – 9 с.

Uretya, S., Lavrinenko, I., Sidorova, E., Nosova, T., Denisova, O. (2007), The method of manufacturing casings from pork bellies [*Sposob proizvodstva obolochek iz svinyh cherev*], Russian Federation, Pat. 2326540.

8. Михайлов В. М. Визначення міцності зв'язку між шарами та еластичності склеєних кишкових плівок / В. М. Михайлов, В. М. Онищенко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : зб. наук. пр. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Х. : НТУ «ХПІ», 2018. – № 9 (1285). – С. 212–217.

Mikhailov, V., Onyshchenko, V. (2018), “Determination of links between layers and elastics of glued gut films” [“Vyznachennia mitsnosti zviyazku mizh sharamy ta elastychnosti skleienykh kyshkovykh plivok”], *Bulletin of the National Technical University “KhPI”*. Series: *New solutions in modern technology*, NTU “KhPI”, Kharkiv, Vol. 9(1285), pp. 212-217.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., кафедра процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)336-74-92; e-mail: v.mykhailov@hduht.edu.ua.

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes and Equipment Food and Hospitality-Restaurant Industry named after M. Belaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)336-74-92; e-mail: v.mykhailov@hduht.edu.ua.

Онищенко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доц., кафедра технології м'яса, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-90; e-mail: onvm70@gmail.com.

Onyshchenko Vyacheslav, PhD in Technical Science, Associate Professor, Department of Meat Technology, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-90; e-mail: onvm70@gmail.com.

Пак Андрій Олегович, д-р техн. наук, доц., кафедра енергетичного машинобудування, інженерних та фізико-математичних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-00; e-mail: pak.andr1980@gmail.com.

Pak Andrey, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Power Machine Building, Engineering and Physical and Mathematical Disciplines, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-00; e-mail: pak.andr1980@gmail.com.

Пак Аліна Володимирівна, канд. техн. наук, кафедра маркетингу, менеджменту та торговельного підприємництва, Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету. Адреса: пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)340-33-34; e-mail: pak.alina1984@gmail.com.

Pak Alina, PhD in Technical Science, Department of Marketing, Management and Trade Entrepreneurship, Kharkiv Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics. Address: Otakara Yarosha str., 8, Kharkiv, Ukraine, 61045. Tel.: (057)340-33-34; e-mail: pak.alina1984@gmail.com.

DOI: 10.5281/zenodo.4386734