

3. Технологія м'яса і м'ясних продуктів [Текст] / за ред. М. М. Клименко. – К.: Вища освіта, 2006. – 640 с.
4. Кравців, Р. Й. Хімічний склад яловичини функціонального призначення [Текст]: матер. міжн. наук.-прак. конф. / Р. Й. Кравців, М. З. Паска, М. Г. Личук // Сучасні проблеми підвищення якості, безпеки виробництва та переробки продукції тваринництва. – Вінниця. – 2008. – В. 34., Т. 1. – С. 236–240.
5. Лосева, Н. С. Влияние свойств DFD говядины на цветообразование [Текст]: Тр. ВНИИМПа / Н. С. Лосева, М. И. Дардик, И. А. Шумкова, Л. А. Бушкова // Качество сырья, ветсанэкспертиза и санитарно-микробиологические основы производства мясопродуктов, 1991. – С. 37–45.
6. Meller, Z. Jakosc miesa w zalesnosci ad stopnia uniesniemia I otluszenia tncznikou [Text] / Z. Meller // Zootechnika. – 2008. – Vol. 10. – P. 3–48.
7. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – 376 с.
8. Місик, А. Т. Справочник по качеству животноводства [Текст] / А. Т. Місик, С. М. Белова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 238 с.
9. Богатко, Н. М. Взаємозв'язок величини рН з деякими біохімічними показниками яловичини при її дозріванні та зберіганні [Текст] / Н. М. Богатко, В. В. Касянчук // Вісник Білоцерків. держ. аграр. ун-ту: 36. наук, праць. – 2002. – Вип. 21. – С. 94–99.
10. Belk, K. E. Volatile production in irradiated palesoft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) beef under different packaging and storage conditions [Text] / K. E. Belk, M. H. George, J. D. Tatum // J. Animal Science. – 2002. – Vol. 79, Issue 3. – P. 688–697.

**Досліджені фізико-механічні властивості захисних покриттів на основі гідроколоїдів, розроблений оптимальний склад плівкоутворюючого покриття на основі альгінату натрію з додаванням карбоксиметилцелюлози та гліцерину, проведені експериментальні дослідження щодо впливу нанесення захисного покриття на якісні характеристики м'яса. Проаналізовані і теоретично пояснені характер та механізми взаємодії компонентів плівкоутворюючого покриття та зміни якісних характеристик м'яса**

**Ключові слова:** упаковка, захист м'яса, плівкоутворюючі захисні покриття, гідроколоїди, альгінат натрію, гелеутворення

**Исследованы физико-механические свойства защитных покрытий на основе гидроколлоидов, разработан оптимальный состав пленкообразующего покрытия на основе альгината натрия с добавлением карбоксиметилцеллюлозы и глицерина, проведены экспериментальные исследования по изучению влияния нанесения защитного покрытия на качественные характеристики мяса. Проанализированы и теоретически объяснены характер и механизмы взаимодействия компонентов плёнкообразующего покрытия и изменения качественных характеристик мяса**

**Ключевые слова:** упаковка, защита мяса, пленкообразующие защитные покрытие, гидроколлоиды, альгинат натрия, гелеобразование

УДК 001.892:637.5.033:543.544.743

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.44495

# РОЗРОБКА ПОКРИТТЯ ДЛЯ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНІВ ЗБЕРІГАННЯ М'ЯСА НА ОСНОВІ АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ

**Л. Г. Віннікова**

Доктор технічних наук, професор\*

**А. В. Кишеня**

Аспірант\*

E-mail: andrey.kishenya@mail.ru

\*Кафедра м'яса, риби та морепродуктів  
Національна академія харчових технологій  
вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

## 1. Вступ

Харчова продукція, а особливо м'ясна, є необхідним елементом для забезпечення якісного та повноцінного життя населення. Разом із збільшенням населення у світі пропорційно підвищуються і об'єми виробництва харчової продукції. Тим не менше, нарощення виробництва харчових продуктів не вирішує усіх проблем, пов'язаних із якістю, безпечністю, екологічністю, практичністю тощо, що також відіграє не останню роль. Більшість проблем вирішуються завдя-

ки впровадженню вдосконалених або принципово нових технологій виробництва, що дозволяє отримувати продукцію відповідної якості. Але незакритим залишається питання збереження якісних характеристик впродовж усього строку зберігання і реалізації, а також можливості його збільшення [1].

Одним із варіантів вирішення цього питання є розробка нових методів захисту від факторів, які обумовлюють псування продукції. Центральне місце у цьому питанні займають технології пакування та власне самі пакувальні (захисні) матеріали [2].

Упаковка – це засіб чи комплекс засобів, що забезпечують захист продукції від впливу навколишнього середовища, від ушкоджень і втрат, а також полегшують процес обігу (транспортування, зберігання, реалізації) [1].

Вплив навколишнього середовища на продукти та сировину обумовлений безліччю факторів: хімічними та біохімічними (вплив кисню повітря і поверхневої вологи, хімічні перетворення під дією ферментів, потрапляння та накопичення небажаних речовин тощо), фізичними та фізико-хімічними (вплив температури, ультрафіолету, активності води та інших), біологічними (діяльність мікро- і макроорганізмів).

У протиположних вищеперахованим факторам з ціллю збереження продукції вживаються відповідні заходи та методи: хімічні (введення консервантів, антиокислювачів, стабілізаторів), фізичні (охолодження, заморожування, висушування, стерилізація), біохімічні та біологічні (додавання антибіотиків, бактеріостатиків, корисних мікроорганізмів) [2].

Не один із методів збереження продукції не є повноцінним та універсальним, тому останнім часом прийнято їх поєднувати. Так, наприклад, введення консервантів та упакування у модифікованому газовому середовищі в герметичній упаковці з подальшим зберіганням в охоложеному стані дає можливість подовжити термін придатності продукції у 3-6 разів [1].

Останнім часом все більше уваги приділяється методам захисту м'ясної продукції, які передбачають використання натуральних матеріалів у якості бар'єрів. Вони мають певні переваги перед традиційними матеріалами: вони безпечніші з гігієнічної та екологічної точки зору, а деякі навіть чинять позитивний вплив на здоров'я людини, можуть використовуватися задля надання продукту позитивних органолептичних властивостей, їх виробництво зазвичай має менші екологічні наслідки [3].

Загалом, вищевказані обставини обумовлюють активні дослідження в цій області, розвиток промислового виробництва, впровадження та використання нових пакувальних матеріалів на основі природних компонентів і методів захисту продукції з їх застосуванням.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Сучасний ринок упаковки переважно представлений полімерними матеріалами, картонною, паперовою упаковкою та металевою тарою. Серед полімерних матеріалів найбільш розповсюдженими є поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, поліамід, а також комбіновані матеріали [1].

За останнє десятиліття у галузі виробництва пакувальних матеріалів відбулися суттєві зміни: проведена велика кількість наукових досліджень, розроблені нові види матеріалів а також методи пакування. До сучасної упаковки висуваються нові, більш жорсткі та водночас адекватні вимоги, вона виконує багато різноманітних функцій:

- зберігає форму та цілісність продукту;
- захищає від впливу зовнішніх факторів (хімічних, біохімічних, фізичних, фізико-хімічних, біологічних, механічних тощо);

- зменшує втрати вологи при зберіганні;
- забезпечує оптимальні для продукту внутрішні умови;
- створює привабливий вигляд;
- надає можливість зменшити кількість консервантів при виробництві [2].

Окрім цього, упаковка має бути гігієнічно безпечною, тобто між продуктом та упаковкою не повинно відбуватися небажаних взаємодій, що несуть деструктивні зміни як для самого продукту, так і для матеріалу упаковки. Немале значення має і екологічність, це стосується всіх етапів існування упаковки (від виробництва, і до утилізації). Тому останнім часом на ринку з'являється все більше матеріалів, що розкладаються у процесі утилізації. Як правило, це природні та штучні матеріали природного походження.

Синтетичні полімери володіють рядом переваг та недоліків. Серед переваг можна виділити те, що вони володіють достатньо хорошими механічними властивостями (міцність, еластичність), стійкістю до агресивних факторів (низьких та високих температур, хімічних реагентів), вони мають досить великий потенціал у модифікації їх властивостей і характеристик. Але незважаючи на всі переваги, вони мають досить суттєві недоліки: по-перше, виробництво таких матеріалів завдає серйозної шкоди навколишньому середовищу, а по-друге, переважна більшість має дуже великий строк розкладання в природних умовах (більше 200 років), що вже у наш час стало проблемою глобального характеру [3]. Окрім цього, синтетичні полімери певною мірою взаємодіють з продуктом за рахунок дифузії фрагментів полімерних ланцюгів [1]. Цей процес істотно інтенсифікується під впливом підвищених температур, ультрафіолету та деяких хімічних речовин [3].

Цих недоліків майже немає у матеріалів природного походження: їх виробництво не характеризується великими викидами шкідливих та отруйних речовин, а розкладання в природних умовах відбувається порівняно швидко за рахунок діяльності мікроорганізмів. З гігієнічної точки зору такі матеріали теж набагато кращі – по суті більшість з них навіть є придатними до споживання [3–6].

Найпоширенішими серед природних матеріалів є такі, що виробляються на основі колагену (кутизин, натурін, білкозин, желатинові плівки), інших білків (казеїн, соєві концентрати та ізоляти тощо) [6, 7], целюлози та карбоксиметилцелюлози (КМЦ), поліпептидів, ліпідів та полісахаридів. Найбільший інтерес представляють захисні покриття на основі природних гідроколідів (агар-агар, пектин, карагінан, крохмаль, целюлоза та альгінати) [4].

Розглядаючи властивості вищевказаних матеріалів (речовин), особливу увагу привертають альгінати.

Альгінати – це сімейство бінарних нерозгалужених сополімерів, утворених залишками  $\beta$ -D-маннуранової та  $\alpha$ -L-гулуранової кислот, з'єднаних (1→4)-зв'язками. Вони широко розповсюджені у природі в якості структуруючих компонентів бурих морських водоростей (*Phaeophyceae*) та капсульних полісахаридів ґрунтових бактерій. Міжклітинна гелева матриця альгінату надає водоростям механічної міцності та гнучкості. Якщо у водоростей альгінат виконує тільки роль структуруючого компоненту, то у бактерій його призначення не до кінця зрозуміле. Відомо, що синтез альгінату не

обхідний для утворення цисти у *Azotobacter vinelandii*, у формі цисти клітина покривається декількома шарами полісахаридів, одним із яких є альгінат, що захищає її від механічного ушкодження та висихання. Але це не пояснює синтез позаклітинного альгінату у деяких бактерій.

В залежності від джерела, альгінати мають різний склад, структуру та властивості. Молекули альгінату умовно ділять на блоки: М-блоки (блоки, що складаються тільки з залишків  $\beta$ -D-маннуринової кислоти), Г-блоки (блоки з залишків  $\alpha$ -L-гулуринової кислоти), МГ- та ГМ-блоки (складаються із залишків обох кислот у певному порядку). Відомо, що чим більше Г-блоків у ланцюгу альгінату, тим міцніша структура гелю, що утворюються. Шляхом кислотного гідролізу з подальшим фракціонуванням з альгінату можна виділити Г-блоки, які при змішуванні зі звичайним альгінатом дають міцніші гелі, змінюються також кінетика гелеутворення та властивості даваної рівноваги [4, 8, 9]. Загалом, найбільша кількість  $\alpha$ -L-гулуринової кислоти і, як слідство, Г-блоків міститься в альгінаті з водорості *Laminaria hyperborea*, вона і використовується в якості основної сировини для виробництва альгінатів. Також в якості джерела альгінатів можна використовувати *Azotobacter vinelandii* [5], хоча зараз це є менш економічно обґрунтованим напрямком виробництва.

Виробництво альгінату з використанням водоростей в якості сировини складається з декількох стадій. Першим етапом є його екстракція із подрібнених тканин водорості за допомогою неорганічної кислоти. Зазвичай для цього використовують хлоридну кислоту (HCl) з концентрацією 0,1...0,2 моль/л. На другому етапі утворену альгінову кислоту переводять у розчинну форму шляхом нейтралізації карбонатом натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) або гідроксидом натрію (NaOH). Отриманий альгінат виділяють та очищують від інших компонентів водоростей шляхом флоатації, центрифугування та фільтрації, після чого його осаджують спиртом, хлоридом кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ) або неорганічною кислотою. Нерозчинний у воді осад альгіну або альгінової кислоти відділяють, при необхідності переводять в натрієву форму за допомогою карбонату натрію, та висушують. В такому вигляді його упаковують і зберігають.

Завдяки унікальній властивості альгінатних гелей ставати твердими при охолодженні, основний напрямок застосування альгінатів пов'язаний саме з їх гелеподібним станом. Гелеутворення альгінатів майже не залежить від температури, однак кінетика цього процесу може бути модифікована при зміні температури.

Існує два основних методи утворення альгінатних гелей: дифузне та внутрішнє гелеутворення.

Метод дифузного гелеутворення характеризується дифузійною зшиваючого іона (наприклад  $\text{Ca}^{2+}$ ) у розчин альгінату із зовнішнього резервуару. Іони кальцію частково виміщають іони натрію та утворюють так звані кальцієві містки між молекулами альгінату. За рахунок цього збільшується розмір колоїдної частинки (міцели), підвищується в'язкість та утворюються зв'язки з іншими часточками – тобто утворюється гелева структура (матриця). У випадку дифузного гелеутворення відбувається перерозподіл альгінату у гелевих часточках, при цьому максимальна його концентрація спостерігається на поверхні частки.

Внутрішнє гелеутворення характеризується тим, що «зшивання» молекул альгінату відбувається

завдяки поступовому приєднанню зшиваючих іонів із слаблорозчинного джерела. В якості джерела зшиваючих іонів використовують карбонат кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), сульфат кальцію ( $\text{CaSO}_4$ ) або хелатні агенти (етилендіамінтетраацетат кальцію, цитрат кальцію тощо). Вивільнення іонів кальцію та кінетику цього процесу контролюють зміною водневого показника (рН).

На сьогоднішній день основною сферою застосування альгінату є харчова, фармацевтична та технічна галузі. Його застосовують для реструктурування харчових продуктів (штучної ікри, смужок іспанської паприки), інкапсуляції живих клітин, виготовлення пасти для друку у текстильній промисловості та за іншими напрямками.

Таким чином, альгінати на ряду з іншими гідроклоїдами є досить підходящим матеріалом, який можна використовувати для захисту продукції, а саме у якості плівкоутворюючого матеріалу. Вони є гігієнічно та екологічно безпечними, окрім того, вони мають здатність зв'язувати та виводити важкі метали, радіонукліди та деякі токсичні речовини з організму людини, очищують травну систему, що також є їх позитивною характеристикою. При цьому всьому відсутні дані щодо можливості застосування альгінатів у якості плівкоутворюючого матеріалу для захисту та подовження строку зберігання м'яса [4].

### 3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження було встановлення можливості застосування альгінату натрію в якості плівкоутворюючого матеріалу для захисту та подовження строку зберігання м'яса, а також встановлення оптимального складу та властивостей плівок.

Для досягнення встановленої мети були вирішені наступні задачі:

- отримання плівок різного складу та їх порівняльний аналіз, вибір основного компоненту;
- визначення фізичних показників плівок;
- встановлення терміну зберігання м'яса з плівкоутворюючими покриттями.

### 4. Матеріали та методи дослідження фізико-механічних властивостей плівок та якісних характеристик м'яса

#### 4. 1. Матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

У якості основної сировини і матеріалів використовувалися:

- свинина напівжирна (ДСТУ 7158);
- альгінат натрію (ГОСТ 4197);
- карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) (ГОСТ 4197);
- гуарова камідь (ГОСТ 4197);
- ксантанова камідь (ГОСТ 4197);
- гліцерин (ГОСТ 6824).

#### 4. 2. Методи дослідження фізико-механічних властивостей плівок та якісних характеристик м'яса

##### Визначення міцності плівок на розрив

Для випробування застосовували зразки у формі прямокутника шириною від 50 до 60 мм, довжиною не

менше 150 мм. Граничні відхилення по ширині зразка повинні бути в межах  $\pm 0,2$  мм.

Зразки закріплювали у затискачі випробувальної машини. Їх рівномірно зтягували, щоб не відбувалося ковзання зразка при випробуванні, але і щоб при цьому не руйнувався зразок у місці закріплення.

У ході випробування каретки переміщали з постійною швидкістю, розтягуючи зразок. Випробування припиняли після розриву зразка. При цьому фіксували дані динамометра ( $F_r$ ).

Міцність на розрив ( $\sigma_r$ ) обчислювали за формулою:

$$\sigma_r = \frac{F_r}{A_0}, \quad (1)$$

де  $F_r$  – навантаження в момент розриву, Н;  $A_0$  – початковий поперечний переріз зразка,  $\text{мм}^2$ .

#### Визначення коефіцієнту розтягнення плівок

Коефіцієнт розтягнення ( $k_r$ ) розраховували як відношення максимальної довжини зразка (довжини, що була зафіксована до моменту початку його руйнування) до початкової довжини (в перерахунку у відсотки).

Розрахунок проводили за формулою:

$$k_r = \frac{l_r}{l_0} \cdot 100, \quad (2)$$

де  $l_r$  – довжин, що була зафіксована до моменту початку руйнування зразка, мм;  $l_0$  – початкова довжина зразка, мм.

#### Визначення паропроникності плівок

Для цього зразок герметизували до бічної поверхні випробувальної чашки, що містила вологопоглинач (хлорид кальцію). Чашку зі зразком розміщували в умовах регульованих температури і вологості. Внаслідок різниці між парціальними тисками водяної пари виникає потік водяної пари, що проходить через зразок. Для визначення щільності потоку водяної пари періодично проводили зважування чашки із зразком до моменту досягнення рівноважного стану.

Зміну маси чашки із зразком ( $G_{1,2}$ ), для кожного зразка за заданий інтервал часу обчислювали за формулою:

$$G_{1,2} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1}, \quad (3)$$

де  $m_1$  – маса чашки зі зразком у момент часу  $t_1$ , мг;  $m_2$  – маса чашки зі зразком у момент часу  $t_2$ , мг;  $t_1$  і  $t_2$  – моменти часу послідовного зважування чашки із зразком, год.

Відносну паропроникність ( $W$ ) розраховували за формулою:

$$W = \frac{G}{S_{cp} \cdot \Delta P}, \quad (4)$$

де  $S_{cp}$  – середньоарифметичне значення площ верхнього та нижнього ділянок зразка, що піддаються впливу пари,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta P$  – різниця тисків в залежності від умов випробування, Па.

#### Визначення загальної бактеріальної забрудненості м'яса

Визначення загальної бактеріальної забрудненості (ЗБЗ) м'яса та дослідних зразків провили у п'ять

послідовних етапів: підготування проб зразків, приготування розведень проб зразків, висівання проб зразків на поживне середовище, інкубування посівів та власне визначення кількості утворених колоній мікроорганізмів та розрахунок загальної бактеріальної забрудненості.

Підготування проб зразків. Для цього з усередненої проби зразка відбирали наважку в масою 5 г, після цього розтирали в стерильній фарфоровій ступці з піском із поступовим додаванням 45 мл ізотонічного розчину хлориду натрію. Приготовлену пробу витримували протягом 15 хвилин при кімнатній температурі.

Приготування розведень проб зразків. Для цього із попередньо приготовленої проби зразка за допомогою стерильної градуйованої піпетки відбирали 1 мл суспензії і переносили в стерильну пробірку, яка містила 9 мл ізотонічного розчину хлориду натрію, при цьому приймаючи, що 1 мл суспензії містив 0,1 г продукту. Після цього вміст пробірки ретельно перемішували. В результаті вищевказаних дій отримували десятикратне розведення вихідної суспензії, тобто в першій пробірці містилось 0,1 продукту (перше розведення).

Для другого розведення із першої пробірки відбирали 1 мл суспензії і переносили в іншу стерильну пробірку, яка містила 9 мл ізотонічного розчину хлориду натрію, при цьому приймаючи, що 1 мл суспензії із першої пробірки містив 0,01 г продукту (стократне розведення). Для подальшого розведення послідовність дій повторювалась.

Висівання проб зразків. Висівання отриманих проб зразків після розведення виконували шляхом відбирання 1 мл суспензії із пробірки з відповідним розведенням та перенесення під поживне середовище (агар поживний 2%). Для цього відібрану пробу вносили в стерильну чашку Петрі, рівномірно розподіляли рідину по всій поверхні чашки коловими рухами, після цього заливали 12...15 мл поживного середовища з температурою 45 °С та рівномірно розподіляли по всій поверхні чашки коловими рухами. Після застигання поживного середовища чашки Петрі перегортали дорго дном, загортали в чистий папір та направляли на інкубування.

Інкубування посівів. Чашки Петрі з посівами інкубували в термостаті при температурі 37 °С протягом 48...72 годин.

Визначення кількості утворених колоній мікроорганізмів та розрахунок загальної бактеріальної забрудненості. Після інкубування посівів виконували кількісний підрахунок утворених колоній мікроорганізмів. Розрахунок загальної бактеріальної забрудненості зразків проводили за формулою:

$$\text{ЗБЗ} = K \cdot 10n^{+1} \quad (5)$$

де  $K$  – кількість колоній, що утворилися на поживному середовищі, шт.;  $n$  – кількість розведень. При десятикратному (першому) розведенні вихідної суспензії  $n=1$ , при стократному (другому)  $n=2$  і т. д. [5].

#### Визначення перекисного числа жирів м'яса

Для цього наважку досліджуваного продукту масою 0,5 г переносили у конічну колбу в суміші з 5 мл концентрованої оцтової кислоти і 5 мл хлороформу. До розчину додавали 1 мл свіжоприготовленого наси-



ченого розчину йодистого калію (KI) і витримували у темному місці протягом 5 хв. Після цього додавали 30 мл води, йод що вивільнився відтитровували 0,01-нормальним розчином гіпосульфиту натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) із застосуванням крохмалю як індикатора до зникнення синього забарвлення. Паралельно ставили контрольний дослід, в якому брали ті ж кількості реагентів, але без продукту.

Перекисне число (ПЧ) у % йоду розраховували за формулою:

$$\text{ПЧ} = \frac{(v_1 - v_0) \cdot c}{m} \cdot 1000, \% \text{ I}_2, \quad (6)$$

де  $v_1$  – кількість 0,01-нормального розчину гіпосульфиту натрію, який пішов на титрування йоду, що виділився в основному досліді, мл;  $v_0$  – кількість 0,01-нормального розчину гіпосульфиту натрію, який пішов на титрування йоду, що виділився в контрольному досліді, мл;  $m$  – маса наважки продукту, г;  $c$  – концентрація гіпосульфиту натрію, моль/дм<sup>3</sup>.

#### Визначення перекисного числа жирів м'яса

Метод засновано на титруванні вільних жирних кислот в спиртово-ефірному розчині жиру водним розчином гідроксиду калію до появи рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв. Наважку досліджуваного продукту близько 2 г поміщали у колбу місткістю 150 мл. В колбу додавали 30 мл попередньо нейтралізованої суміші етилового ефіру і 96 %-го етилового спирту (у співвідношенні – 2/1). Суміш ефіру і спирту нейтралізували лужним розчином концентрацією 0,1 моль/л до дуже слабо-рожевого забарвлення фенолфталеїну, який додається до суміші. У колбу з м'ясом додавали 1–2 краплі 1 %-го розчину фенолфталеїну у спирті і швидко титрували 0,1-нормальним розчином гідроксиду калію (KOH) до появи виразного рожевого забарвлення.

Кислотне число (КЧ) визначали за формулою:

$$\text{КЧ} = \frac{V \cdot c \cdot 56,1 \cdot K}{m}, \quad (7)$$

де  $V$  – об'єм розчину гідроксиду калію молярною концентрацією 0,1 моль/л, витраченого на титрування, мл;  $K$  – поправка до розчину титру лугу для перерахування на точний розчин; 56,1 – кількість міліграмів гідроксиду калію, який міститься в 1 мл (0,1 моль/л) розчину;  $m$  – маса наважки продукту, г.

#### Визначення водневого показника м'яса

Водневий показник (рН) м'яса визначали потенціометричним методом за допомогою рН-метра. Для цього наважку м'яса масою 10 грамів подрібнювали, перенесли в мірну склянку і додавали 100 мл дистильованої води. Вміст склянки перемішували на протязі 25 хвилин, після чого отриману витяжку фільтрували через зморшкуватий фільтр та проводили визначення рН фільтрату за допомогою рН-метра.

#### Визначення масової частки вологи у м'ясі

Масову частку вологи визначали прискореним методом – методом висушування наважки при температурі 150 °С протягом однієї години. Наважку попередньо подрібненого зразка, масою 5 г перенесли в бюкску і перемішували з 6...8 г попередньо підготовле-

ного (просмаженого) піску, далі бюкси зважували і поміщали в сушильну шафу. Після висушування бюкси поміщали в ексикатор до повного охолодження. Після цього бюкси зважували. Розрахунок масової частки вологи ( $X_b$ ) проводили за формулою:

$$X_b = \frac{(a - b)}{m} \cdot 100, \% \quad (8)$$

де  $a$  і  $b$  – маса бюкси з наважкою до і після висушування відповідно, г;  $m$  – маса наважки, г.

### 5. Результати дослідження фізико-механічних властивостей плівок та впливу їх нанесення на якісні характеристики м'яса

Плівкоутворюючі покриття повинні мати високі показники міцності, еластичності, прозорості. Плівка має запобігати небажаним впливам в системі продукт-плівка, мати стабільні властивості в умовах її експлуатації, бар'єрні властивості (проникність до парів води, кисню тощо), здатність до сорбції газів, парів вологи, небажаних запахів, збільшувати терміни придатності продукту без зміни показників якості.

Плівкоутворюючі покриття на основі гідрокolloїдів отримували шляхом їх розчинення у холодній воді. Отриманий розчин намащували на рівну поверхню для отримання плівки. Характеристики плівок різного складу представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики плівок різного складу

№	Склад плівки	Характеристика плівки
1	Альгінат натрію	Ламка, крихка
2	Гуарова камідь	Ламка, крихка
3	Ксантанова камідь	Ламка, крихка
4	КМЦ	Ламка, крихка
5	Альгінат натрію + КМЦ	Прозора, міцна
6	Альгінат натрію + гуарова камідь	Жовтуватого відтінку, міцна, нееластична
7	Альгінат натрію + ксантанова камідь	Непрозора, міцна, нееластична
8	Альгінат натрію + КМЦ + гліцерин	Прозора, міцна, еластична
9	Альгінат натрію + гуарова камідь + гліцерин	Жовтуватого відтінку, міцна, еластична
10	Альгінат натрію + ксантанова камідь + гліцерин	Непрозора, міцна, еластична

Вищеприведені полісахариди були обрані оскільки вони володіють високою в'язкістю, добре розчинні у воді, окрім цього ферменти м'яса не чинять деградуючого впливу на молекули альгінату натрію, гуарової та ксантанової каміді.

Для покращення механічних властивостей (еластичності) покриттів додають пластифікатори. В харчовій промисловості використовують гліцерин, сорбіт, ліпіди (моногліцериди). За результатами досліджень плівкові покриття з пластифікатором (гліцирином) та/або пластифікатором відзначались еластичністю, на відміну від інших плівок, тому для подальших досліджень використовували суміші № 5, 6, 7, 8, 9 і 10 з табл. 1.

При зберіганні, транспортуванні та у процесі переробки сировина і продукція піддаються впливу різноманітних факторів механічного впливу (тертя, деформація, тиск), тому важливо знати фізико-механічні властивості захисних покриттів. Для отримання більш точної характеристики фізико-механічних властивостей плівок були проведені досліді з визначення міцності плівок на розрив, коефіцієнту їх розтягнення та паропроникності. Результати представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості плівок

№	Склад плівки	Міцність на розрив, Н/мм <sup>2</sup>	Коефіцієнт розтягнення, %	Паропроникність, мг/(м <sup>2</sup> ·год·Па)
1	Альгінат натрію + КМЦ	0,12	110	2430
2	Альгінат натрію + гуарова камідь	0,06	108	2150
3	Альгінат натрію + ксантанова камідь	0,03	112	1980
4	Альгінат натрію + КМЦ + гліцерин	0,14	136	2760
5	Альгінат натрію + гуарова камідь + гліцерин	0,07	128	2320
6	Альгінат натрію + ксантанова камідь + гліцерин	0,04	129	2180

Дослідження фізико-механічних властивостей плівокових покриттів показують, що додавання пластифікаторів підвищує міцність та еластичність плівок.

В якості основного був обраний склад покриття № 4 з табл. 2 (далі просто «Альгінат+КМЦ»). Для нього були проведені досліді щодо встановлення його впливу на якісні показники м'яса підчас зберігання. Результати приведені у вигляді графіків на рис. 1–5.



Рис. 1. Зміни загальної бактеріальної забрудненості м'яса в процесі зберігання

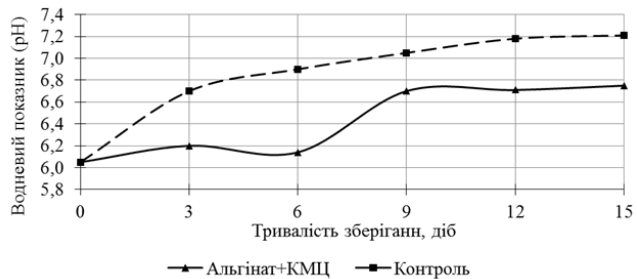


Рис. 2. Зміни водневого показника м'яса в процесі зберігання

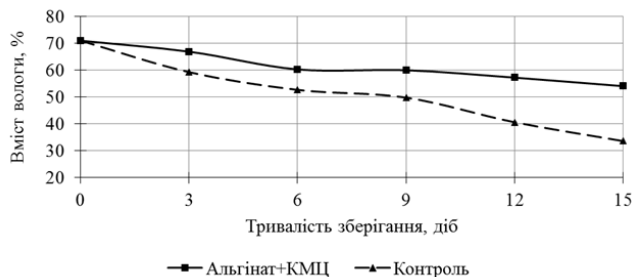


Рис. 3. Зміни масової частки вологи у м'ясі в процесі зберігання

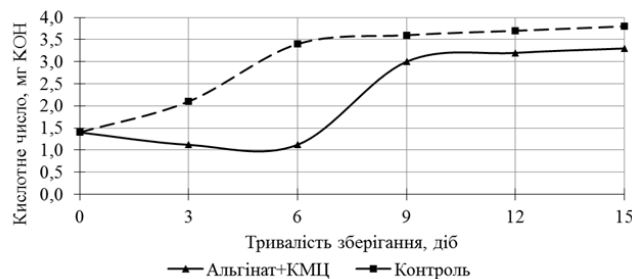


Рис. 4. Зміни кислотного числа м'яса в процесі зберігання

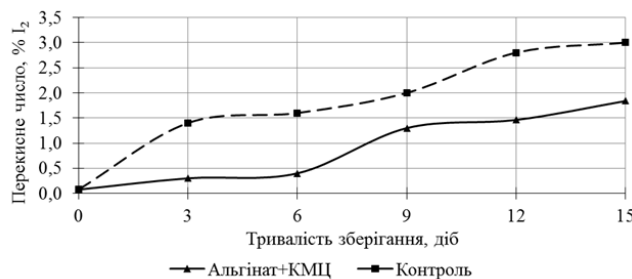


Рис. 5. Зміни перекисного числа м'яса в процесі зберігання

Як видно із результатів дослідів щодо впливу нанесення покриття на основі альгінату натрію з додаванням карбоксиметилцелюлози та гліцерину на якісні характеристики м'яса підчас зберігання, за всіма показниками нанесення покриття чинить позитивний вплив.

Так, наприклад, загальна бактеріальна забрудненість (КМАФАнМ) м'яса без покриття вже на тринадцяту добу перевищувала вимоги стандарту, натомість зразок, на який було нанесене покриття, відповідав вимогам навіть після п'ятнадцятої доби зберігання.

Стосовно змін водневого показника (pH) впродовж зберігання, то тут також спостерігається суттєва різниця, особливо це стосується першого тижня зберігання. На протязі першого тижня також спостерігається велика різниця між значеннями кислотного і перекисного чисел дослідного та контрольного зразків.

Слід також відмітити, що нанесення захисного покриття на основі альгінату натрію певною мірою загальмувало зміни органолептичних характеристик м'яса. Так на дев'яту добу зберігання зразок без покриття мав досить помітні зміни кольору, поверхня місцями липка, певні ділянки мали дещо підсушену поверхню, м'язи на розрізі злегка розрихлилися, потемніли, спостерігалось виділення ексудату (м'язового соку), а запах був дещо кислий. На п'ятнадцяту

добу зберігання у контрольного зразка спостерігалися ще більші зміни: поверхня стала трішки ослизненою, колір поверхні став сірувато-коричневим, м'язова тканина потемніла та стала липкою, запах більш кислий. Натомість зразок, на який було нанесене покриття, характеризувався меншими змінами: на дев'яту добу зберігання у порівнянні із контрольним зразком поверхня майже не потемніла, стан поверхні не змінився, на розрізі м'язи стали менш пружними, але істотного розрихлення не спостерігалось, колір та запах майже не змінилися. На п'ятнадцяту добу відмічалось деяке потемніння поверхні та м'язів на розрізі, спостерігалось неінтенсивне виділення ексудату. Загалом, на п'ятнадцяту добу стан зразка з покриттям був майже таким, як у зразка без покриття на дев'яту добу.

### 6. Обговорення результатів дослідження фізико-механічних властивостей плівок та впливу їх нанесення на якісні характеристики м'яса

Дослідження показали, що плівкоутворюючі покриття на основі суміші альгілату натрію, карбоксиметилцелюлози та гліцерину володіють найкращим поєднанням фізико-механічних властивостей у порівнянні з покриттями на основі інших гідроколоїдів. Механічна міцність утворених плівок по більшій мірі обумовлена тим, що і альгілат, і карбоксиметилцелюлоза є гідроколоїдами з нерозгалуженою структурою, для яких характерна більш міцна структура гелів та більша в'язкість розчинів. Часткова асоціація молекул альгілату та карбоксиметилцелюлози обумовлює гомогенність структури. Асоціація молекул та колоїдних часток відбувається за рахунок електростатичної взаємодії заряджених груп, груп з високою електронною густиною, шляхом утворення так званих «хімічних містків» між молекулами а також за рахунок механічного зачеплення молекул [4, 8, 11]. Певною мірою механічна міцність обумовлена здатністю альгілату натрію утворювати тверді гелі при низьких температурах, до того ж, власне саме розчинення альгілату проводиться при невисоких температурах, що має неабияке значення, оскільки зменшується деструктивний вплив температури [4].

Додавання гліцерину призвело до підвищення еластичності плівки, але разом з тим спостерігалось деяке підвищення міцності. Можливо це пов'язано зі зменшенням крихкості плівок а також утворенням зв'язків між молекулами альгілату, карбоксиметилцелюлози та гліцерину за рахунок взаємодії з гідроксильними групами гліцерину.

Відмінності якісних характеристик зразків з покриттям та без нього в першу чергу обумовлені бар'єрними властивостями утвореної плівки. Порівняно менша загальна бактеріальна забрудненість у зразка з покриттям пояснюється тим, що було виключене потрапляння мікроорганізмів з навколишнього середовища безпосередньо на поверхню м'яса. Наявність плівки також запобігає розвитку аеробної мікрофлори.

Розвиток мікрофлори певним чином впливає на багато характеристик м'яса, так, наприклад, під дією ферментів мікроорганізмів відбуваються хімічні перетворення різного характеру, що неодмінно впливає на активну реакцію середовища (водневий показник) та динаміку її зміни. Загалом, збільшення воднево-

го показника впродовж зберігання пов'язане з накопиченням органічних основ (амінів, аміаку тощо) в результаті реакцій декарбоксілювання під впливом залишкової мікрофлори, а зменшення водневого показника – з накопиченням органічних кислот в результаті реакцій дезамінування амінокислот. Інтенсивність та характер змін рН в цьому випадку переважно залежить від якісного та кількісного складу мікрофлори. Наявність покриття зменшує інтенсивність діяльності мікроорганізмів, чим і пояснюються менш глибокі зміни водневого показника у зразка з покриттям.

Зміни масової частки вологи, а саме її зменшення, пов'язані з випаровуванням вільної вологи з поверхні м'яса, нанесення плівки значно уповільнює цей процес.

Кислотне число змінюється за рахунок накопичення жирних кислот, які утворюються при гідролізі жирів під дією ферментів мікроорганізмів та власних ферментів у присутності вільної вологи. Зменшення загальної бактеріальної забрудненості, кількості вільної вологи за рахунок наявності захисного покриття зменшує інтенсивність цього процесу [9].

Аналогічна ситуація і з перекисним числом, але в даному випадку немале значення має і захист продукту від впливу кисню повітря, а результати дослідження підтверджують, що покриття на основі альгілату натрію здатні зменшити вплив цього фактору.

### 7. Висновки

В результаті проведених досліджень щодо можливості застосування та власне розробки захисних покриттів для захисту та подовження термінів зберігання м'яса були отримані наступні результати:

- за результатами досліджень були отримані плівкові покриття з різним складом, пластифікатором (гліцерином) та без пластифікатору. Плівкові покриття з пластифікатором відзначались еластичністю, на відміну від інших плівок, проведений порівняльний аналіз та визначений основний склад для плівкоутворюючого покриття (альгілат натрію + КМЦ + гліцерин);

- при зберіганні, транспортуванні та у процесі переробки сировина і продукція піддаються впливу різноманітних факторів механічного впливу (тертя, деформація, тиск), тому важливо знати фізико-механічні властивості захисних покриттів. Для отримання більш точної характеристики фізико-механічних властивостей плівок були проведені досліді з визначення міцності плівок на розрив, коефіцієнту їх розтягнення та паропроникності;

- науково обґрунтовано і розроблено спосіб подовження терміну зберігання м'яса з нанесенням плівкоутворюючого покриття методом занурювання продукту в розчин;

- встановлено можливість збільшення терміну зберігання м'яса свинини з 9–10 до 12–15 діб.

Таким чином, застосування альгілату натрію у суміші з карбоксиметилцелюлозою та гліцерином у якості захисного покриття для м'яса є ефективним та має достатню реальні перспективи для впровадження на м'ясопереробних підприємствах. Окрім цього, є інтерес у подальших дослідженнях властивостей захисних покриттів, необхідність їх вдосконалення, розробки технологій і обладнання для їх застосування.

## Література

1. Снежко, А. Г. Современная упаковка мяса и мясных продуктов [Текст] / А. Г. Снежко, А. В. Федотова, Е. А. Евстафьева // Мясная индустрия. – 2008. – № 5. – С. 40–43.
2. Козеева, О. В. Проектирование мясокомбинатов по международным стандартам GMP [Текст] / О. В. Козеева // Мясная индустрия. – 2008. – № 2. – С. 53–54.
3. Снежко, А. Г. Новые упаковочные наноматериалы и перспективы их использования [Текст] / А. Г. Снежко, А. В. Федотова, Е. А. Евстафьева // Мясная индустрия. – 2008. – № 8. – С. 20–21.
4. Филлипс, Г. О. Справочник по гидроколлоидам [Текст] / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс; пер. с англ.; под ред. А. А. Кочетковой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
5. Хамнаева, Н. И. Особенности санитарно-микробиологического контроля сырья и продуктов питания животного происхождения [Текст]: учеб. пос. / Н. И. Хамнаева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 136 с.
6. Pérez-Gago, M. B. Protein-Based Films and Coatings Gennadios [Text] / M. B. Pérez-Gago, J. M. Krochta. – CRC Press, Boca Raton, FL, 2002. – P. 159–180. doi: 10.1201/9781420031980
7. Krochta, J. M. Protein-based Films and Coatings Gennadios [Text] / J. M. Krochta. – CRC Press, 2002. – P. 1–41.
8. Lide, D. R. Handbook of Chemistry and Physics [Text] / D. R. Lide. – CRC Taylor and Francis, 2007. – P. 10–19.
9. Ritala, M. In Handbook of Thin Film Materials. Vol 1 [Text] / M. Ritala, M. Leskelä. – Academic Press, San Diego, CA, 2002. – 103 p.
10. Enrione, J. I. Mechanical Stability of Intermediate Moisture Starch-Glycerol Systems [Text]: PhD thesis / J. I. Enrione. – Division of Food Sciences. Nottingham, The University of Nottingham, 2005. – 153 p.
11. Sperling, L. H. Introduction to Physical Polymer Science [Text] / L. H. Sperling. – New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2006. – P. 11–15.