

---

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ ВИРОБНИЦТВА РЕСТРУКТУРОВАНИХ М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

---

Гринченко Н. Г.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-445-0-3>

### ВСТУП

Розвиток продовольчого ринку України в умовах сучасного темпу життя людини стимулює виробників розробляти та випускати нові конкурентоспроможні харчові продукти у вигляді напівфабрикатів високого ступеня готовності та готової продукції.

М'ясопродукти відносять до основного виду м'ясної продукції, що обумовлено їх високою харчовою цінністю, можливістю вживання без додаткової підготовки, здатністю до більш-менш тривалого зберігання та транспортування. В даний час виробництво м'ясних продуктів характеризується погіршенням сировинного забезпечення і показників якості м'ясної сировини. У зв'язку з цим збільшення виробництва якісних м'ясних продуктів, підвищення ефективності виробництва, розширення асортименту і забезпечення населення екологічно чистим харчуванням є актуальною задачею.

Сучасні технології виробництва м'ясних продуктів розвиваються в двох рівнозначних напрямках. Перше зв'язано зі збереженням і виробництвом традиційної, «стандартної» продукції. Друге – з випуском нових видів готової м'ясної продукції. Ці напрямки поєднує, з одного боку, використання новітнього устаткування, з іншого боку – різноманітних добавок і інгредієнтів. Однак, оскільки ринок напівфабрикатів все ще не є насиченим за попитом, актуальним є розробка реструктурованих м'ясних напівфабрикатів (РМН) у нові товарній формі.

### 1. Аналіз ринку м'яса та м'ясних напівфабрикатів

Стратегічним пріоритетом соціального та економічного розвитку України в умовах ринкових перетворень є підвищення рівня продовольчої безпеки держави на основі нарощування виробництва продуктів харчування, поліпшення їх якості та збалансованості за поживними речовинами, а також забезпечення захисту інтересів

вітчизняного виробника. Продовольча система України, як і будь-яка інша, – це єдине економічне формування, що складається з окремих взаємопов'язаних частин, кожна з яких виконує свої специфічні функції, спрямовані на вирішення загального завдання: забезпечення населення високоякісними продуктами харчування за доступними цінами.

У наш час структура споживання м'яса істотно відрізняється від науково– обґрунтованої структури. За оцінками експертів, раціональна норма споживання м'яса повинна становити 80 кг/рік на душу населення<sup>1</sup>. Фізіологічні норми споживання м'яса на рік: яловичина – 20,3 кг; свинина – 15 кг; баранина – 7,5 кг, м'ясо птиці –15 кг; субпродукти – 3,7 кг. Населення країн, що розвиваються, споживає близько 32 кг м'яса на душу населення в рік, при цьому жителі розвинених країн споживають близько 80 кг. Жителі України до цього показника не дотягують<sup>2</sup>. Згідно зі статистикою споживання м'яса і м'ясопродуктів на душу населення зменшилося на 57%.

Було проаналізовано обсяги споживання м'яса та м'ясопродуктів усіх видів, визначено, як змінювалася динаміка цих показників протягом 2020-2022 років (рис. 1)<sup>3</sup>. З рисунку видно, що у загальному обсязі споживання домінує частка м'яса птиці, а також м'ясні напівфабрикати. Саме вони становлять половину раціону пересічних українців і їх частка постійно зростає.



**Рис. 1. Річний обсяг споживання м'яса та м'ясопродуктів українцями<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Сегеда С.А. Статистичний аналіз споживання м'яса та м'ясопродуктів в Україні. *Економіка АПК*. 2020. № 3. С. 36–46.

<sup>2</sup> Лозовська Н.М., Рожко З.П., Струс Л.А. Тенденції виробництва та споживання м'яса і м'ясопродуктів в Україні. *Бізнес-навігатор*. 2018. № 2(1). С. 54–58.

<sup>3</sup> Большакова С.Л., Варченко О.М., Волошина В.М., Власенко І.Г., Даниленка А.І., Ібатулліна М.І., Охріменко І.В. Тенденції споживання м'яса в Україні: реалії та проблеми розвитку. *Комунальне господарство міст*. 2023. № 5 (179). С. 20–26.

<sup>4</sup> Державна служба статистики України: [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (Дата звернення 10.04.2024 р.)

Основну частку ринку м'ясопродуктів займають м'ясні напівфабрикати (майже 45% частки від обсягу ринку). При цьому найбільш перспективним сегментом ринку найближчим часом, будуть нетрадиційні м'ясні напівфабрикати і продукція середнього і низького цінового рівня.

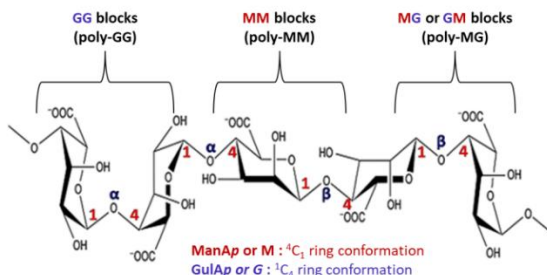
Зростання сегменту м'ясні н/ф, як самого ємного сегмента ринку ЗНФ, обумовлений в першу чергу зростаючим попитом на напівфабрикати з м'яса птиці, які є найбільш швидкозростаючим сегментом ринку за останні роки.

Розвиток ринку напівфабрикатів в найближчі два роки буде залежати від рівня купівельної спроможності населення, розширення пропозиції доступної продукції хорошої якості, залежно від імпорту, зростання загального рівня дистрибуції і подальшого розвитку сучасних форматів роздрібної торгівлі.

## 2. Характеристика функціонально-технологічних властивостей альгінатів як структуроутворювачів для реструктурованої продукції

На сьогоднішній день альгінат натрію та його солі є перспективним видом харових добавок, що використовується в м'ясній галузі як вологозв'язуючий так і структуроутворюючий компонент. Використовуючи головні функціонально-технологічні властивості цієї харчової добавки, стає можливим здійснювати структурування технологічний систем у вигляді різноманітних товарних форм.

Альгінова кислота (E400) і її солі (E401-405) відносяться до полісахаридів бурих морських водоростей роду *Laminaria* і *Macrocystis* (від лат. *alga* – водорість), що побудовані з залишків  $\beta$ -D-мануронової і  $\alpha$ -L-гулурунової кислот, що знаходяться в піранозній формі і зв'язані у лінійні ланцюги (1,4)-глікозидними зв'язками (рис. 2) <sup>5</sup>.



<sup>5</sup> Abka-Khajouei R., Tounsi L., Shahabi N., Patel A.K., Abdelkafi S., Michaud P. Structures, properties and applications of alginates. *Marine Drugs*. 2022. № 20(6). P. 2–18.

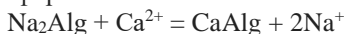
## Рис. 2. Структурна формула альгінової кислоти [5]

Розподіл залишків мономерів цих кислот уздовж полімерного ланцюга носить блоковий характер і утворює три типи блоків:

- гомополімерні блоки з монотонних послідовностей залишків  $\beta$ -D-маннуронової кислоти (M-блоки);
- гомополімерні блоки з монотонних послідовностей залишків  $\alpha$ -L-гулурунової кислоти (G-блоки);
- гетерополімерні блоки з регулярним чергуванням залишків обох кислот (M-G-блоки) <sup>6, 7</sup>.

Вільні альгінові кислоти погано розчинні в холодній воді, але набухають у ній, зв'язуючи 200...300-кратну кількість води, однак розчинні в гарячій воді й у розчинах лугів, утворюючи при підкисленні гелі. Натрієві і калієві солі альгінових кислот легкорозчинні у воді з утворенням високов'язких розчинів. Солі з двовалентними катіонами утворюють гелі або нерозчинні альгірати <sup>8,9,10</sup>.

Реакція між іонами кальцію і молекулами альгірату може бути представлена в простій формі як:



При додаванні іонів кальцію, реакція зсувається вправо, доки весь альгірат не перетвориться в альгірат кальцію. У більшості випадків, потрібно контроль реакції з кальцієм, який можна здійснити такими способами:

1. Використання мало розчинних солей кальцію.
2. Зміна рН для зміни розчинності солей кальцію.
3. Використання добре розчинних комплексоутворювачів, і стійких і нестійких, для регулювання тривалості утворення гелю і зміни його кінцевої текстури.
4. Використання різних по розчинності (через розмір часток і хімічної структури) кислот, для керування ходом реакції або регулюванням тривалості утворення гелю.

---

<sup>6</sup> Kusumawati R., Basmal J., Utomo B.B. Physicochemical characteristics of sodium alginate extracted from *Turbinaria* sp. and *Sargassum* sp. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 2018. № 13(2). P. 79–84.

<sup>7</sup> Nai-Yu Z., Yan-Xia Z., Xiao F., Li-Jun H. Effects of composition and structure of alginates on adsorption of divalent metals. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 1994. № 12(1). P. 78–83.

<sup>8</sup> Hamrun N., Thalib B., Tahir D., Kasim S., Nugraha A.F. Physical characteristics test (water content and viscosity) of extraction sodium alginate brown algae (phaeophyta) species *Padina* sp. as basic material for production dental impression material. *Journal of Dentomaxillofacial Science*. 2018. № 3(2):84. P. 84–87

<sup>9</sup> Qin Y., Zhang G., & Chen H. The applications of alginate in functional food products. *Biopolymers for Food Design*. 2018 P. 409–429.

<sup>10</sup> Belalia F., Djelali N.E. Rheological properties of sodium alginate solutions. *Revue Roumaine de Chimie*. 2014. № 59(2). P. 135–145.

5. Високі концентрації цукрового порошку інгібують реакцію і призводять до одержання м'яких гелів<sup>11,12</sup>

Фізичні характеристики системи кальцій/натрій альгінату пов'язані із кількістю незв'язаного (вільного) кальцію у розчині. Спочатку, збільшення в'язкості буде очевидним поряд з більш короткою структурою. Подальше введення іонів кальцію закінчується формуванням гелю і, нарешті, осадженням.

Стехіометрично, потрібно 7,2% кальцію від ваги альгінату натрію для повної заміни натрію на кальцій. Гелі, сформовані приблизно з 30% від цієї кількості, густі. Текучі розчини одержують при кількості кальцію меншому, ніж 15% від стехіометричного. Метод введення іона кальцію в альгіновий розчин має великий вплив на властивості кінцевого гелю. Занадто швидке введення кальцію закінчується місцевим гелеутворенням і зернистістю структури гелю<sup>13</sup>.

Наступні загальні правила визначають зміну міцності або регулювання часу утворення гелю:

1. Збільшення концентрації комплексоутворювача кальцію, збільшує час формування гелю і призводить до слабкішого гелю. Зменшення кількості комплексоутворювача буде мати протилежний результат, але, якщо використовується занадто низький рівень комплексоутворювача, розчинність альгінату натрію буде погіршуватися, та закінчиться одержанням зернистого гелю.

2. Зменшення кількості кальцію в рецептах гелю, без зміни кількості інших компонентів, призводить до більш м'яких гелів. Збільшення концентрації кальцію призводить до одержання твердого гелю, але якщо додано занадто багато кальцію, виріб буде мати зернисту структуру.

3. У кислотному середовищі збільшення кількості повільно розчинної кислоти або використання кислоти з більш дрібним розміром часток прискорить утворення гелю і може також закінчуватися утворенням зернистого гелю.

4. Збільшення кількості розчинного альгінату в рецепті призведе до одержання більш твердого гелю, але якість текстури гелю в результаті зміниться. При використанні альгінату з високою в'язкістю, одержують більш міцні, але і більш ламкі гелі. Альгінати з більш низькою в'язкістю

---

<sup>11</sup> Guo X., Wang Y., Qin Y., Shen P., Peng Q. Structures, properties and application of alginic acid: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. № 162. P. 618-628.

<sup>12</sup> Hentati F.; Ursu A.V., Pierre G., Delattre C., Trica B., Abdelkafi S., Djelveh G., Dobre T., Michaud P. Production, Extraction and Characterization of Alginates from Seaweeds. In *Handbook of Algal Technologies and Phytochemicals*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2018. P. 33-42.

<sup>13</sup> Benslima A., Sellimi S., Hamdi M., Nasri R., Jridi M., Cot D., Li S., Nasri M., Zouari N. The Brown Seaweed *Cystoseira Schiffneri* as a Source of Sodium Alginate: Chemical and Structural Characterization, and Antioxidant Activities. *Food Bioscience*. 2021. № 40. P. 1-39.

дадуть більш м'які гелі, і звичайно буде спостерігатися синерезис, на відміну від виробів з високою в'язкістю.

5. Оскільки кількість кальцію наближається до стехіометричної кількості, необхідному для повної реакції з альгінатом, тенденція прояву ефекту синерезису збільшена.

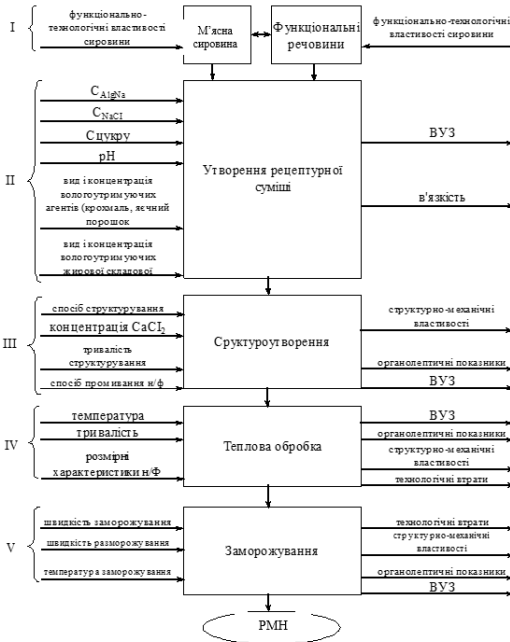
### **3. Обґрунтування технологічних принципів процесів формування та структурування РМН**

Розробці нового продукту передує етап його моделювання<sup>14</sup>. Маркетингові дослідження, огляд літературних джерел дозволив сформулювати вимоги до продукту, що розробляється, визначити цілі і задачі його розробки та можливі шляхи їх досягнення. Визначено, що актуальною є розробка реструктурованого продукту на основі м'ясного фаршу та м'ясного бульйону з використанням гелеутворювачів полісахаридної природи. Аналіз літературних даних вітчизняних та зарубіжних вчених, пошукові експериментальні дослідження дозволили розробити параметричну схему виробництва реструктурованого м'ясного напівфабрикату, яка є основою для проведення подальших досліджень (рис. 3). Наведена параметрична схема, яку з погляду принципів системного підходу можна розглядати як систему, метою функціонування якої є виробництва РМН, складається з п'яти взаємопов'язаних підсистем, в яких на мікрорівнях задано найбільш значущі вхідні та вихідні параметри їх функціонування.

Найважливішими стадіями в технологічному процесі виробництва РМН є етап формування рецептурної суміші та структурування, яке здійснюється в розчині хлористого кальцію за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей альгінату натрію. Формування рецептурної суміші є важливим з точки зору забезпечення реологічних властивостей рецептурної суміші, що дозволить здійснювати процес екструзії та одержувати напівфабрикати у вигляді «спагеті». Структурування складається з наступних етапів: екструзійного формування напівфабрикатів, їх експозиції в розчині хлористого кальцію, промивання та експозиції на протязі певного часу, під час якої здійснюється структуроутворення в об'ємі напівфабрикатів за рахунок протікання процесів абсорбції іонів кальцію. Реалізація цієї підсистеми дозволить обґрунтувати основні параметри процесу структурування, а саме концентрацію солі полівалентного металу, тривалість структурування, якісний та кількісний склад розчинів для промивання напівфабрикатів.

---

<sup>14</sup> ДСТУ 3946-20018 Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Настанови щодо розроблення і поставлення на виробництво нових та новітніх харчових продуктів. Київ: Держстандарт України, 2018. 23 с.



**Рис. 3. Параметрична схема виробництва реструктурованого м'ясного напівфабрикату**

Проведені дослідження свідчать, що з точки зору отримання реструктурованих продуктів фарші представляють низькофункціональну сировину з нестабільними у часі структурно-механічними характеристиками. Зрозуміло, що регулювання їх функціонально-технологічних властивостей може бути забезпечене шляхом введення до їх складу харчових інгредієнтів, здатних одночасно змінювати структурно-механічні показники та підвищувати структуруючу здатність. Таким вимогам відповідає альгінат натрію, який за певних концентрацій може підвищувати в'язкість та формуючу здатність рецептурної суміші та дозволяє поряд з термотропним застосовувати іотропне гелеутворення. Одночасно це дозволяє уникнути деяких обмежень щодо складу рецептурної суміші, зокрема, формування геля за концентрації гелеутворюючих білкових сполук, нижчих за критичну. Вибір альгінату натрію як гелеутворювача одночасно враховує наступні вимоги:

- альгінат натрію сумісний з компонентами фаршів та може утворювати гелі за наявності різних харчових речовин, зокрема, білків;

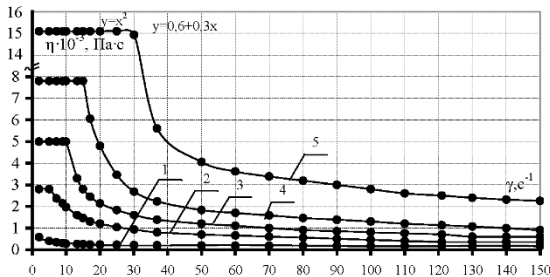
- він здатний утворювати гелі із комплексом фізико-хімічних показників, що забезпечать необхідну текстуру продукту, придатність для тривалого зберігання;

- його використання дає можливість регулювати швидкість процесу гелеутворення, зокрема, перебіг рідкої системи в гелеподібний стан;

- за відсутності токсичної та алергічної дії він має одночасно низьку вартість.

З метою регулювання формуючої здатності фаршевих систем виявлено вплив альгінату натрію за концентрації 1,0...3,0% на їх ефективну в'язкість в порівнянні з фаршем із птиці (концентрація сухих речовин  $19,00 \pm 0,25\%$ ) (рис. 4, крива 5 проти кривих 1...4). Для досліджень було обрано фаршеву систему із концентрацією сухих речовин  $9,50 \pm 0,19\%$ , за якої процес сеттінгу відсутній.

Встановлено (рис. 4), що ці системи характеризуються як псевдопластичні, тобто зі збільшенням прикладеної дотичної напруги (швидкості зсуву) їх в'язкість зменшується та асимптотично наближується до значень найменшої граничної в'язкості.



**Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості фаршевих систем (1 – вміст сухих речовин  $9,50 \pm 0,19\%$ ) від швидкості зсуву за концентрації альгінату натрію, %: 2, 3, 4, – 1,0; 2,0; 3,0 відповідно; 5 – фарш із судака зі вмістом сухих речовин  $19,00 \pm 0,25\%$**

Із характеру кривої 1 видно, що фаршеві системи зі вмістом сухих речовин  $9,50 \pm 0,19\%$  не мають в'язкісних аномалій та в діапазоні швидкостей зсуву від  $2,1 \text{ c}^{-1}$  до  $150 \text{ c}^{-1}$  характеризуються незначною зміною в'язкості, за реологічним властивостями наближаються до ньютонівських рідин.



З даних, наведених на рис. 4, видно, що додавання альгінату натрію призводить до зростання в'язкості систем та її залежності від швидкості зсуву (криві 2...4)<sup>15</sup>.

Важливим з точки зору екструзійного формування є те, що зі зростанням концентрації альгінату натрію фаршеві системи з концентрацією сухих речовин  $9,50 \pm 0,19\%$  за пластичними властивостями наближаються до натурального фаршу, але при цьому не набувають необхідних пружних властивостей. Видно (крива 5), що зростання концентрації альгінату натрію не призводить до пропорційного зростання граничної напруги зсуву, тому теоретично (екстраполяційно) крайня права точка, яка характеризує незруйновану систему за відповідної напруги зсуву з додаванням альгінату натрію, повинна утворювати траєкторію, яка описується рівнянням  $y = 0,6 + 0,3x$ , а реально описується рівнянням  $y = x^2$ .

Встановлено, що для фаршевих систем за концентрації альгінату натрію 1,0% спостерігається виражена текучість системи (крива 2). Підвищення кон-центрації альгінату натрію в фаршевих системах, що досліджувалися, призводить до підвищення їх когезійних властивостей, про що свідчить зростання різниці між максимальною в'язкістю гранично незруйнованої структури та мінімальною в'язкістю гранично зруйнованої структури. Так, зі зростанням концентрації альгінату натрію з 1,0% до 3,0% цей показник збільшується майже у 5,3 рази – з  $(2,4 \pm 0,1) \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$  до  $(12,8 \pm 0,2) \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

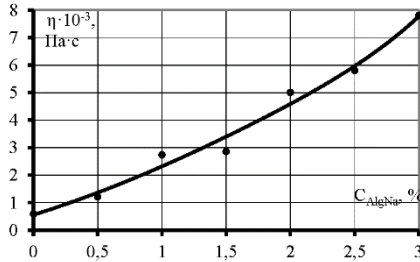
Загальною тенденцією збільшення концентрації гелеутворювача є зростання в'язкості в області низьких градієнтів швидкості зсуву фаршевих систем, характерних для екструзії (рис. 5). Так, за концентрації альгінату натрію 1,0% в'язкість систем складає  $2,8 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Уведення альгінату натрію в концентраціях 2,0...3,0% підвищує в'язкість до  $(5,0...7,9) \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$  та забезпечує безперервний плин рецептурної суміші.

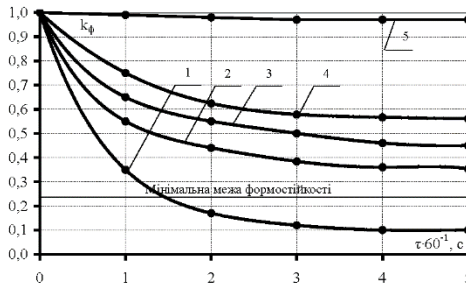
Експериментально встановлено, що введення альгінату натрію до складу фаршевих систем одночасно підвищує їх коефіцієнт формуючої здатності (рис. 6). Встановлено, що за концентрації альгінату натрію в системах 1,0...3,0% їх коефіцієнт формостійкості зростає й через 5-60 с складає 0,35...0,58. За цих умов підвищуються когезійні властивості систем, збільшується їх ВУЗ, липкість.

---

<sup>15</sup> Горальчук А.Б., Пивоваров П.П., Гринченко О.О., Погожих М.І., Полевіч В.В., Гурський П.В. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Методичний посібник. Харків: ХДУТХ, 2006. 63 с.



**Рис. 5. Залежність в'язкості фаршевих систем від концентрації альгінату натрію ( $\gamma=5 \text{ c}^{-1}$ )**



**Рис. 6. Зміна коефіцієнту формостійкості фаршевих систем ( $C_{\text{сп}}=9,50 \pm 0,19\%$ ) без альгінату натрію (1) та за концентрації альгінату натрію, %: 2, 3, 4 – 1,0; 2,0; 3,0 відповідно; 5 – фаршеві системи зі вмістом сухих речовин  $19,00 \pm 0,25\%$**

Такі фаршеві системи гарантовано забезпечать протягом певного часу утримання заданої форми при попаданні екструдованої маси в рідке техноло-гічне середовище, де проходить закріплення структури (гелеутворення).

Визначення здатності фаршевих систем до гелеутворення підтвердило, що за усіх досліджених концентрацій альгінату натрію модифіковані фаршеві системи зі вмістом сухих речовин  $9,50 \pm 0,19\%$  не здатні утворювати термотропні гелі. Визначення характеристик гелю показало, що термооброблені системи зі зростанням концентрації альгінату натрію характеризуються зниженням пружних властивостей та слабкою еластичністю ( $G_{\text{ел}}=2$ ) (табл. 1).

Таблиця 1

**Зміна еластичних та пружних властивостей термооброблених фаршевих систем ( $C_{cp}=9,50\pm 0,19\%$ ) за різної концентрації альгінату натрію**

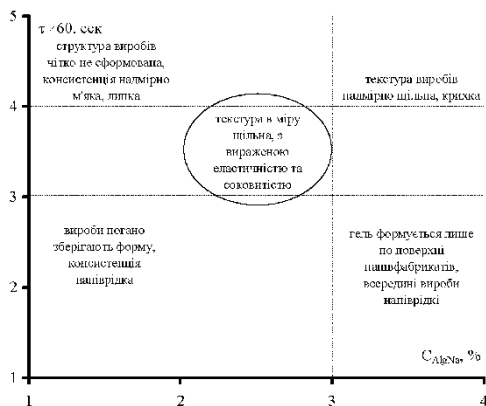
Найменування показника	Концентрація альгінату натрію, %			
	0	1,0	2,0	3,0
Міцність, од. пенетрометра	60,0	57,0	53,0	48,0
Еластичність	C/2,0	C/2,0	C/2,0	C/2,0

З цього виходить, що без реалізації здатності альгінату натрію до іоно-тропного гелеутворення підвищення гелеутворюючої здатності і еластичності гелів неможливо. Отримані системи можна характеризувати як рідиноподібні з реологічними характеристиками, які забезпечують плин системи в ламінарному потоці, що є необхідною умовою їх формування шляхом екструзії.

Але визначені закономірності зміни в'язкості фаршевих систем в залежності від концентрації альгінату натрію на даному етапі дослідження не дозволяють обґрунтувати його раціональний вміст. Це пов'язано з тим, що в технологічному потоці виробництва РМН важливим є забезпечення необхідних параметрів процесу на кожному з етапів. Тож, дослідивши вплив альгінату натрію на в'язкість фаршевих систем і визначивши абсолютні значення в'язкості, все ж таки остаточне визначення його раціональної концентрації може бути здійснено під час дослідження процесу структурування.

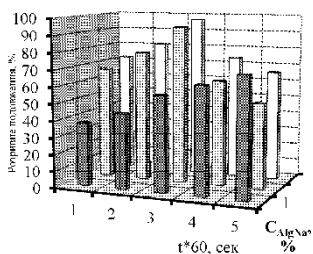
З рисунку 7 видно, що оптимальні структурно-механічні властивості напівфабрикатів знаходяться в інтервалі концентрацій альгінату натрію 2...3% та при значеннях часу структурування виробів в розчині хлористого кальцію  $(3...4)\times 60$  сек.

Описані закономірності можна пояснити тим, що з плином часу кількість кальцієвих місточків між окремими ланцюгами зростає, що спричиняє зшивання макромолекул альгінату та утворення просторової структури гелю; при низькому вмісті структуроутворювача в системі відстань між макромолекулами альгінату значна, тому формування суцільної сітки гелю не відбувається.



**Рис. 7. Вибір оптимальних структурно-механічних показників напівфабрикатів в залежності від значень концентрації  $\text{AlgNa}$  та часу експозиції зразків в розчині  $\text{CaCl}_2$**

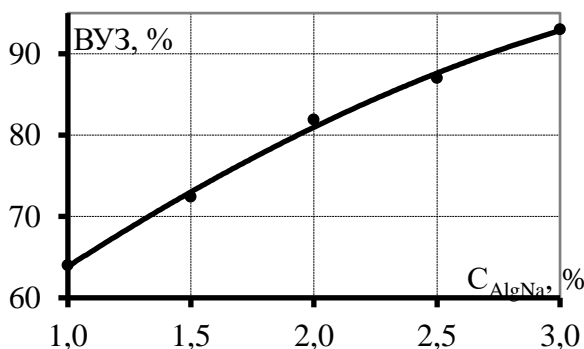
Дослідження зразків на розривне подовження підтверджують описані вище закономірності (рис. 8). Встановлено, що за інших рівних умов розривне подовження залежить як від концентрації альгінату натрію в системі, так і від часу експозиції систем в розчині хлористого кальцію. Зокрема, для структурованих систем з концентрацією альгінату 1% характерний приріст величини розривного подовження зі збільшенням часу експозиції. З рисунку 8 видно, що якщо для структурованої системи через  $(1 \times 60)$  сек експозиції розривне подовження складає 38%, то через  $(5 \times 60)$  сек. – 71%.



**Рис. 8. Залежність розривного подовження структурованих систем від концентрацій альгінату натрію та часу експозиції у розчині хлористого кальцію**

Інші закономірності характерні для структурованих систем зі вмістом альгінату натрію 2 та 3%. Видно, що через (3×60) сек. експозиції у розчині хлористого кальцію розривне подовження зростає біль ніж у 1,4 та 1,3 рази відповідно. Збільшення часу експозиції до (5×60) сек призводить до зменшення розривного подовження, яке для структурованих систем з концентрацією альгінату натрію 2% складає 51%, а 3% – 66%. Ймовірно, збільшення часу експозиції призводить до наростання пружних властивостей, при цьому еластичність системи, що визначає величину розривного подовження, зменшується.

Поряд з дослідженням зміни структурно-механічних характеристик структурованих систем визначено деякі їх функціонально-технологічні властивості, зокрема, ВУЗ (рис. 9).



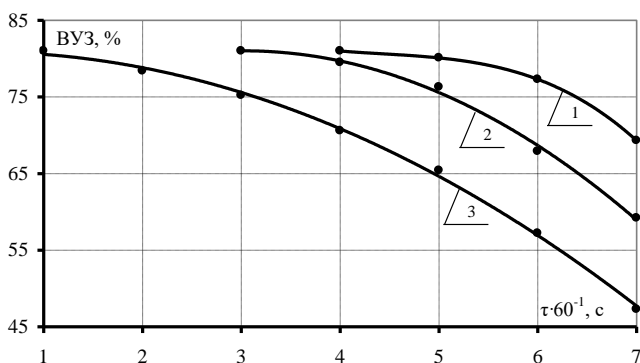
**Рис. 9. Залежність ВУЗ іонотропних гелів від концентрації альгінату натрію ( $C_{CaCl_2} = 5\%$ ,  $\tau = 3 \cdot 60$  с)**

Експериментально підтверджено, що альгінат натрію в інтервалі концентрацій 1,0...3,0% сприяє підвищенню ВУЗ зразків в 1,45 рази – з 64% до 93%. Із даних, що наведено на рис. 9, видно, що вже за концентрації альгінату натрію 2,0% (у порівнянні з 1,0%) ВУЗ систем зростає в 1,27 рази – з 64% до 81%. Подальше збільшення концентрації альгінату натрію також призводить до збільшення вологоутримуючої здатності, величина якої підвищується в 1,15 рази. Це можна пояснити тим, що за інших рівних умов ( $C_{CaCl_2} = 5\%$ ,  $\tau = 3 \cdot 60$  с) зі збільшенням концентрації гелеутворювача залишкова кількість альгінату натрію, що не прийняла участь у іонообмінній реакції, підвищується, що і викликає збільшення ВУЗ.

Паралельно із визначенням вологоутримуючої здатності проводилася органолептична оцінка іонотропних гелів. Встановлено, що максимальній кількості балів (5) відповідають зразки за концентрації

альгінату натрію 2,0...2,5%. При збільшенні концентрації гелеутворювача до 3,0% (при одночасному збільшенні ВУЗ) зразки характеризуються як занадто жорсткі. Тобто, перевищення концентрації альгінату натрію за 2,5% призводить до того, що іототропні гелі набувають пружних властивостей з одночасною втратою еластичності, що і стає причиною зниження органолептичних показників.

Порівняльний аналіз значень вологоутримуючої здатності іототропних гелів (за концентрації альгінату натрію 2,0%) з різним часом обробки зразків в розчинах хлористого кальцію дозволяє стверджувати, що при збільшенні часу обробки за фіксованої концентрації  $\text{CaCl}_2$  в розчині ВУЗ іототропних гелів знижується (рис. 10).



**Рис. 10.** Динаміка зміни ВУЗ іототропних гелів (за концентрації альгінату натрію 2,0%), оброблених у розчинах хлористого кальцію, %: 1, 2, 3 – 3,0; 5,0; 7,0

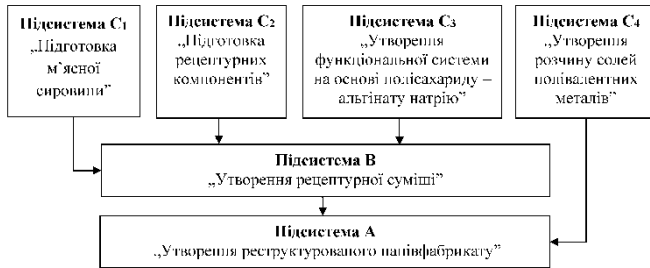
Так, за концентрації у розчині хлористого кальцію 3,0% при обробці зразків від 1·60 с до 7·60 с вологоутримуюча здатність систем знижується у 1,2 рази – з 81,0% до 69,3%. Зі збільшенням концентрації хлористого кальцію у розчині спостерігається підвищення інтенсивності зниження ВУЗ. Так, за концентрації  $\text{CaCl}_2$  5,0% ВУЗ зразків знижується у 1,4 рази (з 81,0% до 59,2%), а під час застосування 7,0% розчину  $\text{CaCl}_2$  – у 1,7 (з 81% до 47,3%).

Це пояснюється тим, що реакція іототропного гелеутворення супроводжується виділенням вільної води. Тому одночасне підвищення концентрації хлористого кальцію та часу обробки зразків сприяє інтенсифікації цього процесу зі збільшенням вмісту альгінату кальцію (як продукту цієї реакції) по відношенню до альгінату натрію, який не прореагував, що і призводить до зниження вологоутримуючої здатності зразків.

Збільшення часу структурування, в рівному ступені як і підвищення концентрації  $\text{CaCl}_2$  (за фіксованих концентрацій альгінату натрію), викликає появу гіркого смаку, що обумовлено наявністю вільних іонів кальцію, які не прореагували з альгінатом натрієм.

#### 4. Розробка технології реструктурованих напівфабрикатів

В основу розробки технології реструктурованих м'ясних напівфабрикатів було покладено технологічну систему, функціонування якої призводить до отримання нової продукції (рис. 11).



**Рис. 11. Технологічна схема виробництва реструктурованих напівфабрикатів**

При цьому необхідно відмітити, що функціонування системи в цілому забезпечується функціонуванням окремих його компонентів згідно поставленої мети.

*Підсистема С<sub>1</sub> “Підготовка м'ясної сировини”* Основною сировиною для виробництва реструктурованих напівфабрикатів може бути м'ясо яловичини, свинини, птиці або їх суміш (парне, охолоджене або заморожене), яке внаслідок механічної обробки перетворюється у фаршеву систему. Практично всі види фаршів характеризуються високою гелеутворюючою здатністю, але, наряду з цим, мають і високу вартість. Таким чином їх застосування в даній технології не є доцільним, оскільки передбачається, що основну функцію в процесі утворення структури візьмуть на себе гелеутворювачі полісахаридної природи.

Під час аналізу існуючих технологій структурованих виробів, а також проведення серії дослідів, визначено, що найбільш оптимальною є концентрація м'ясного фаршу 50%, яка забезпечує найбільш бажану текстуру продукту, та його високі органолептичні показники.

*Підсистема С<sub>2</sub> “Підготовка рецептурних компонентів”.* Наступними важливими складовими нової продукції є інгредієнти, які регулюють структурно-механічні і органолептичні показники готового продукту. Такими в даній технології є: крохмаль, ячний порошок та олія рослини. Кожен з цих компонентів по-своєму впливає на структурні

властивості продукту. Так, крохмаль підвищує пружність гелю, але знижує при цьому його еластичність і міцність.

Що стосується яєчного порошку, то він може перешкоджати утворенню структури гелю, оскільки містить водорозчинні білки, які заважають утворенню міжмолекулярних зв'язків. Однак, при тепловій обробці властивості яйця змінюються, внаслідок чого еластичність гелю зростає. Тому, змінюючи концентрації цих двох компонентів, можна отримати гель заданої консистенції.

Для надання продукту притаманного для нього солоного смаку в рецептурний склад введено кухонну сіль, концентрацію якої обґрунтовано під час теоретичних та експериментальних робіт. Слід відзначити, що введення таких рецептурних компонентів як кухонна сіль, яєчний порошок, та суттєво впливає на ВУЗ структурованих напівфабрикатів. При цьому найбільш раціональними вмістом речовин, дія яких направлена на регулювання ВУЗ є: солі – 2...2,5%, яєчного порошку – 1,5...2,5%. Таким чином, для досягнення мети даної підсистеми сипучі рецептурні компоненти просіюють з метою видалення сторонніх домішок.

*Підсистема С<sub>3</sub> “Утворення функціональної системи на основі полісахариду – альгілату натрію”.* Метою функціонування даної підсистеми є отримання функціональної системи з полісахариду – альгілату натрію (що є природним комплексоутворювачем), яка корегує необхідні структурно– механічні властивості готового продукту.

Експериментально апробовано використання альгілату натрію в концентраціях 1...3 %. Отримані дані свідчать про те, що найбільш оптимальним є використання альгілату в кількості 2%. При цьому отриманий продукт характеризується бажаними величинами структурно-механічних показників: еластичністю, пластичністю, пружністю. Експериментально встановлено, що збільшення вмісту полісахариду сприяє погіршенню консистенції продукту, а зниження не призводить до отримання необхідного ефекту.

Для отримання розчину полісахариду його розрахункову кількість диспергують у воді з температурою 22...25 °С, перемішуючи при цьому до отримання однорідної консистенції.

*Підсистема С<sub>4</sub> “Утворення розчину солей полівалентних металів”.* Допоміжною операцією для процесу структурування є приготування 10%-го розчину хлористого кальцію. Іон кальцію, полівалентний катіон, найчастіше використовується для переходу систем в гелеподібний стан. Хлористий кальцій перемішують з водою до повного розчинення. Отриманий розчин проціджують.



Підсистема В “Утворення рецептурної суміші”. В рамках підсистеми здійснюється операція отримання рецептурної суміші за рахунок перемішування підготовлених компонентів підсистем С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>.

Підсистема А “Утворення реструктурованого напівфабрикату”. Для реалізації мети підсистеми отриману рецептурну суміш піддають структуруванню у ваннах з розчином хлористого кальцію, де відбувається іотропне гелеутворення системи.

Експериментально апробована експозиція виробів у розчині хлористого кальцію в інтервалі (2×60)...(4×60) с. Отримані дані свідчать, що найбільш оптимальним є експозиція протягом (2×60) с, при цьому отриманий продукт характеризується бажаними величинами структурно-механічних показників: еластичністю, пластичністю, пружністю.

Після цього реструктурований напівфабрикат направляють на промивання у проточній воді з температурою 18...20 °С для видалення залишків розчину хлористого кальцію з поверхні виробів. Промиті вироби направляють в охолоджувальну камеру на 5 годин.

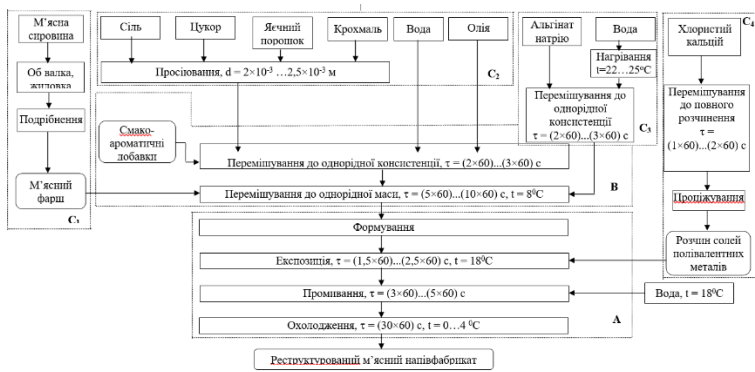


Рис. 12. Технологічна схема виробництва реструктурованого м'ясного напівфабрикату

Згідно рецептурного складу та технологічного процесу виробництва асортимент РМН може формуватися як за рахунок зміни форми виробів, тобто форми філ'єр, з яких проводиться екструзія, так і за рахунок використання смако-ароматичних добавок, які дозволяють отримувати широкий спектр аналогів м'ясної продукції.

У відповідності до технологічної інструкції та технологічних карток в залежності від виду (форми) виробів реструктуровані продукти виробляються у наступному асортименті:

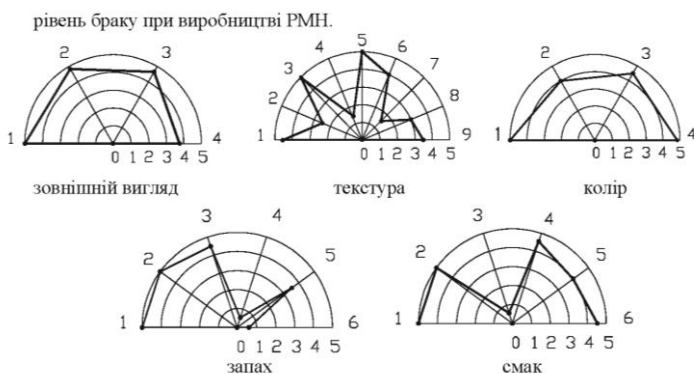
- реструктуровані м'ясні напівфабрикати у вигляді спагеті;
- реструктуровані м'ясні напівфабрикати у вигляді лапші.

В залежності від виду м'ясної сировини, РМН виробляються у наступному асортименті:

- зі свинини;
- з яловичини;
- з кролика;
- з птиці тощо.

Розроблена технологія дозволила отримати продукцію, що характеризується певними споживчими властивостями та показниками якості. Органолептичні показники РМН визначалися шляхом проведення сенсорної оцінки готової продукції групою незалежних експертів, результати якої представлено на рис. 13.

Для характеристики зовнішнього вигляду РМН було виділено чотири показники: аспектність, гладкість поверхні, наявність пошкоджених виробів та чіткість границі розділу зафарбованих частин. Найважливішим серед обраних показників є показники аспектності та гладкості поверхні виробів, оскільки саме вони визначають загальне враження від нової продукції, а також виступають основним критерієм стабільності процесу екструзії. За результатами сенсорного аналізу показник аспектності РМН отримав найбільший бал – 5,0, показник гладкості поверхні – 4,9. Показник наявності пошкоджених виробів отримав 4,8 балів, що свідчить про достатньо низький рівень браку при виробництві РМН.



**Рис. 13. Профілі органолептичної оцінки реструктурованих м'ясних напівфабрикатів**

Оцінка текстури готових виробів здійснювалась за дев'ятьма показниками, найважливішими з яких є пружність, еластичність та

соковитість, а також однорідність текстури РМН. Аналізуючи рис. 9, слід зазначити, що ці найважливіші показники отримали високу оцінку експертів: 4,5, 5,0, 5,0 та 5,0 балів відповідно. Низький бал, що отримали такі показники, як пластичність та рихлість (2,5 та 1,5 балів відповідно), також позитивно характеризує текстуру РМН.

Технологія виробництва РМН передбачає його часткове фарбування у вигляді смуги більш інтенсивного кольору. При оцінці кольору готових виробів аналізували однорідність кольору, його інтенсивність, а також натуральність виробів та співвідношення їх фарбованих частин. Під час сенсорної оцінки найважливіші показники – натуральність та однорідність кольору – отримали високий бал (4,5 та 5,0 балів відповідно), оцінка інших характеристик кольору виробів також була позитивною.

Низький бал, що отримали негативні показники різкості та наявності сторонніх запахів при оцінці запаху РМН (по 0,5 балів кожний), свідчить про їх практичну відсутність. Навпаки, найважливіші показники оцінки запаху (чистота та натуральність) були високо оцінені експертами та отримали по 5,0 балів кожний.

За своїми фізико-хімічними показниками РМН повинні відповідати вимогам, вказаним у таблиці 2.

Таблиця 2

#### Вимоги до фізико-хімічних показників РМН

Найменування показників	Норма	Фактичні значення
Масова доля вологи, % не більше	75	73
Масова доля жиру, % не менше	3	4,3
Сторонні домішки	не допускаються	Не ідентифікуються

#### ВИСНОВКИ

1. Згідно інноваційної стратегії розробки РМН з використанням методів системного аналізу розроблено параметричну модель технологічної системи, функціонування якої спрямовано на комплексну переробку м'ясної сировини з одержанням РМН у новій товарній формі.

2. Огляд літературних джерел дозволив обґрунтувати актуальність обраного напрямку досліджень, визначити основні тенденції в виробництві структурованої м'ясної продукції, обґрунтувати доцільність використання альгілату натрію у якості структуроутворювача.

3. В ході експериментальних досліджень виявлено закономірності формування іотропного гелю альгілату натрію, обґрунтовано умови та параметри даного технологічного процесу.

Визначено, що раціональними параметрами структурування виробів є концентрація альгінату натрію 2...3%, час експозиції зразків в розчині хлористого кальцію –  $(3...4) \times 60$  сек.

4. Розроблено рецептурний склад та технологічний процес виробництва РМН на основі м'ясного фаршу та альгінату натрію. Визначено основні показники якості та безпеки РМН, проведено органолептичну оцінку якості готової продукції.

## АНОТАЦІЯ

В останні роки спостерігається явна тенденція щодо збільшення попиту на нові види продукції, серед яких і структуровані, що мають певні переваги порівняно із традиційними продуктами: достатньо низьку вартість, характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю, не потребують довготривалої технологічної обробки для отримання кінцевої кулінарної продукції. Крім того, отримання структурованої м'ясної продукції відкриває широкі перспективи у сфері переробки сировини та дозволяє цілеспрямовано впливати на склад виробів та їх структуру.

В рамках досліджень визначено основні тенденції в виробництві реструктурованих м'ясних напівфабрикатів, обґрунтовано доцільність використання альгінату натрію у якості структуруювача. Виявлено закономірності формування рецептурної суміші та іонотропного гелю альгінату натрію, обґрунтовано умови та параметри даних технологічних процесів. Розроблено рецептурний склад та технологічний процес виробництва реструктурованих м'ясних напівфабрикатів на основі м'ясного фаршу та альгінату натрію. Досліджено органолептичні показники РМН, визначено їх фізико-хімічні показники.

## Література

1. Сегеда С.А. Статистичний аналіз споживання м'яса та м'ясопродуктів в Україні. *Економіка АПК*. 2020. № 3. С. 36–46. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202003036>
2. Лозовська Н.М., Рожко З.П., Струс Л.А. Тенденції виробництва та споживання м'яса і м'ясопродуктів в Україні. *Бізнес-навігатор*. 2018. № 2(1). С. 54–58.
3. Большакова Є.Л., Варченко О.М., Волошина В.М., Власенко І.Г., Даниленка А.І., Ібатуліна М.І., Охріменко І.В. Тенденції споживання м'яса в Україні: реалії та проблеми розвитку. *Комунальне господарство міст*. 2023. № 5 (179). С. 20–26.
4. Державна служба статистики України: [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (Дата звернення 10.04.2024 р.)
5. Abka-Khajouei R., Tounsi L., Shahabi N., Patel A.K., Abdelkafi S., Michaud P. Structures, properties and applications of alginates. *Marine Drugs*. 2022. № 20(6). Р. 2–18. <https://doi.org/10.3390/md20060364>

6. Kusumawati R., Basmal J., Utomo B.B. Physicochemical characteristics of sodium alginate extracted from *Turbinaria* sp. and *Sargassum* sp. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 2018. № 13(2). P. 79–84. DOI: 10.15578/squalen.v13i2.297
7. Nai-Yu Z., Yan-Xia Z., Xiao F., Li-Jun H. Effects of composition and structure of alginates on adsorption of divalent metals. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 1994. № 12(1). P. 78–83.
8. Hamrun N., Thalib B., Tahir D., Kasim S., Nugraha A.F. Physical characteristics test (water content and viscosity) of extraction sodium alginate brown algae (phaeophyta) species *Padina* sp. as basic material for production dental impression material. *Journal of Dentomaxillofacial Science*. 2018. № 3(2):84. P. 84–87. DOI:10.15562/jdmfs.v3i1.625
9. Qin Y., Zhang G., & Chen H. The applications of alginate in functional food products. *Biopolymers for Food Design*. 2018 P. 409–429. DOI:10.1016/B978-0-12-811449-0.00013-X
10. Belalia F., Djelali N.E. Rheological properties of sodium alginate solutions. *Revue Roumaine de Chimie*. 2014. № 59(2). P. 135–145.
11. Guo X., Wang Y., Qin Y., Shen P., Peng Q. Structures, properties and application of alginic acid: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. № 162. P. 618–628. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180.
12. Hentati F.; Ursu A.V., Pierre G., Delattre C., Trica B., Abdelkafi S., Djelveh G., Dobre T., Michaud P. Production, Extraction and Characterization of Alginates from Seaweeds. In *Handbook of Algal Technologies and Phytochemicals*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2018. P. 33–42.
13. Benslimma A., Sellimi S., Hamdi M., Nasri R., Jridi M., Cot D., Li S., Nasri M., Zouari N. The Brown Seaweed *Cystoseira Schiffneri* as a Source of Sodium Alginate: Chemical and Structural Characterization, and Antioxidant Activities. *Food Bioscience*. 2021. № 40. P. 1–39.
14. ДСТУ 3946-20018 Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Настанови щодо розроблення і поставлення на виробництво нових та новітніх харчових продуктів. Київ: Держстандарт України, 2018. 23 с.
15. Горальчук А.Б., Пивоваров П.П., Гринченко О.О., Погожих М.І., Полевіч В.В., Гурський П.В. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Методичний посібник. Харків: ХДУТХ, 2006. 63 с.

**Information about the author:**

**Hrynchenko Natalia Hennadiivna,**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

Head of the Department of Meat Technology

State Biotechnological University

44, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine