

УДК 664:635.8

Пасічний В.М., кандидат технічних наук, доцент (НУХТ, Київ)

Ястреба Ю.А., аспірант (ВНЗ Укоопспілки «ПУЕТ», Полтава)

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕЛІВ АЛЬГІНАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СТРУКТУРОВАНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ ГРИБНОЇ СИРОВИНИ

У статті наведені результати досліджень структурно-механічних показників гелів альгінатів та їх використання для структурування напівфабрикатів на основі грибнового порошку.

Ключові слова: гелі, реологія, текстуро утворення, альгірати, солі кальцію, рН, гідратація, грибний порошок, напівфабрикат.

Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. В останні роки на світовому ринку технологій продуктів харчування визначились тенденції до розроблення структурованих продуктів, які мають стабільні фізико-хімічні, органолептичні та реологічні властивості.

Технологія виробництва структурованих харчових продуктів ґрунтується на реалізації функціональних властивостей харчових інгредієнтів сировини, які в технологічному потоці здатні до утворення структурованих систем [1].

Для надання харчовим продуктам відповідної консистенції застосовують харчові добавки і білоквімісні наповнювачі, які модифікують і стабілізують їх структурно-механічні властивості (СМВ). Асортимент цих речовин досить різноманітний, проте більш широке використання отримали полісахариди. Завдяки своїм іонообмінним властивостям і комплексоутворювальній здатності полісахариди можуть формувати термостабільні гелі з заданими структурно-механічними та гідродинамічними показниками. Серед них особливе місце займає полісахарид, отриманий з бурих водоростей – альгінат натрію (AlgNa).

Альгінат натрію складається із залишків D-маннуронової та L-гіалуронової кислот. Самі альгінові кислоти в воді нерозчинні, проте мають можливість її зв'язувати. Альгірати утворюються під час нейтралізації карбоксильних груп альгінової кислоти, вони розчинні в гарячій і холодній воді. Альгірати не засвоюються організмом людини, але сприяють виведенню тяжких металів і деяких інших речовин.

Гелі альгінату натрію стійкі до дії низьких і високих температур, що позитивно вирізняє їх від гелів агар-агару, желатину, карагінану [2].

Реологічні властивості гелів альгінату натрію можна змінити в бажаному напрямі шляхом «зшивання» структури полісахариду, наприклад, за допомогою іонів кальцію (Ca^{2+}).

Здатність альгінату натрію (AlgNa) до гелеутворення під час взаємодії з іонами кальцію (Ca^{2+}) стало основою для його широкого використання в технології структурованих харчових продуктів.

Нами досліджена можливість використання альгінату натрію для отримання структурованих напівфабрикатів на основі грибного порошку в поєднанні з органічними і неорганічними солями кальцію.

Метою статті є висвітлення результатів досліджень СМВ гелів альгінатів та їх композицій з гідратованим грибним порошком з різним вмістом альгінату натрію та солей кальцію для встановлення оптимального діапазону концентрацій альгінатів і солей кальцію в складі гідратованого грибного порошку з заданими СМВ.

Виклад основного матеріалу досліджень. Важливою характеристикою сировини для виробництва м'ясопродуктів є її структурно-механічні властивості.

Дослідження СМВ в сукупності з іншими технологічними показниками дозволили визначитись з рецептурним складом композиції альгінату натрію з солями кальцію для отримання стабільних текстурованих гелів при гідратації (відновлення) грибного порошку.

В рамках плану експериментальних робіт були проведені дослідження СМВ гелів альгінатів, отриманих за різних концентрацій альгінату натрію (AlgNa) та іонів кальцію (Ca^{2+}), який входив до складу глюконату, хлориду та фосфату кальцію.

Визначали абсолютну деформацію, та граничну напругу зсуву, досліджуючи компресійні характеристики гелів альгінату натрію з введенням іонів Ca^{2+} , а також гідратованих напівфабрикатів із грибного порошку.

Дослідження проводилось на приладі, розробленому науковцями ПУЕТ, для визначення абсолютної деформації твердо-рідких харчових продуктів, який дозволив виміряти абсолютну деформацію експериментальних зразків.

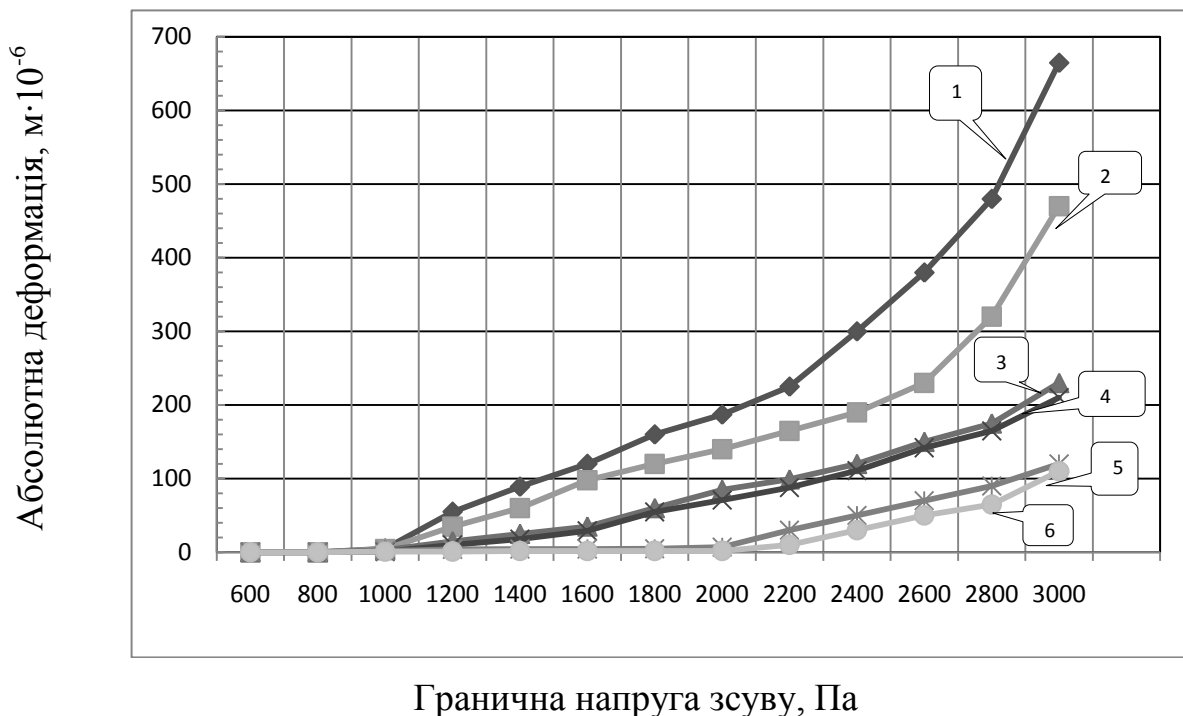
Прилад складається із штативу, на який насаджено рівноплечий важіль зафіксований гвинтом. Один з них (робочий) має чашу для вантажу. До дна чаші прикріплено стержень, який закінчується робочою поверхнею площею 1 см^2 . Стержень направлений перпендикулярно до столу, де розміщують досліджуваний зразок. Стіл може пересуватися за вертикальною віссю. Робоча поверхня протилежного плеча дотикається в початковому положенні до чутливого штоку вимірювального приладу.

Принцип дії приладу полягав в наступному. Досліджуваний напівфабрикат товщиною $0,015 \text{ м}$ розміщувався на рухомий стіл за допомогою спеціально форми, в якій рухомим пристроєм напівфабрикат підводиться до робочої поверхні. Стіл фіксувався гвинтом. На протилежному важелі чутливий шток доторкувався до центру горизонтальної тарілки. Плечі врівноважувались балансиrom. У чашу клалися наважки.

Абсолютна деформація фіксувалася вимірювальним приладом з точністю до $0,01 \text{ мм}$. За відомою товщиною та площею поверхні дослідного зразка визначали відносну деформацію та осьовий тиск.

Предметом дослідження були модельні гелі, виготовлені за наступних концентрацій рецептурних компонентів: AlgNa – $2,5 \dots 7,5 \%$ та солей кальцію (CaCl_2 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{CaO}_{14}$) – $0,1 \dots 0,6 \%$.

Отримані дані СМВ гелів альгінату натрію з вище зазначеними солями кальцію представлені на Рис. 1, 2, 3.



- Зразок: 1 – 2,5 % AlgNa + 0,10% C₁₂H₂₂CaO₁₄;
 2 – 2,5 % AlgNa + 0,15 % C₁₂H₂₂CaO₁₄;
 3 – 5,0 % AlgNa + 0,10 % C₁₂H₂₂CaO₁₄;
 4 – 5,0 % AlgNa + 0,15 % C₁₂H₂₂CaO₁₄;
 5 – 7,5 % AlgNa + 0,35 % C₁₂H₂₂CaO₁₄;
 6 – 7,5 % AlgNa + 0,5 % C₁₂H₂₂CaO₁₄.

Рис. 1 – Залежність абсолютної деформації гелів альгінату натрію з глюконатом кальцію від напруги зсуву

Встановлений математичний зв'язок між абсолютною деформацією експериментальних гелів альгінату (y) у вказаних концентраціях солей та граничною напругою зсуву (x) описується наступними рівняннями:

$$y_1 = 4,7622x^2 - 17,419x + 26,986; r^2 = 0,98$$

$$y_2 = 3,0869x^2 - 10,035x + 16,734; r^2 = 0,9556$$

$$y_3 = 1,4865x^2 - 2,3716x - 0,3566; r^2 = 0,9945$$

$$y_4 = 1,4915x^2 - 3,6613x + 0,8951; r^2 = 0,9973$$

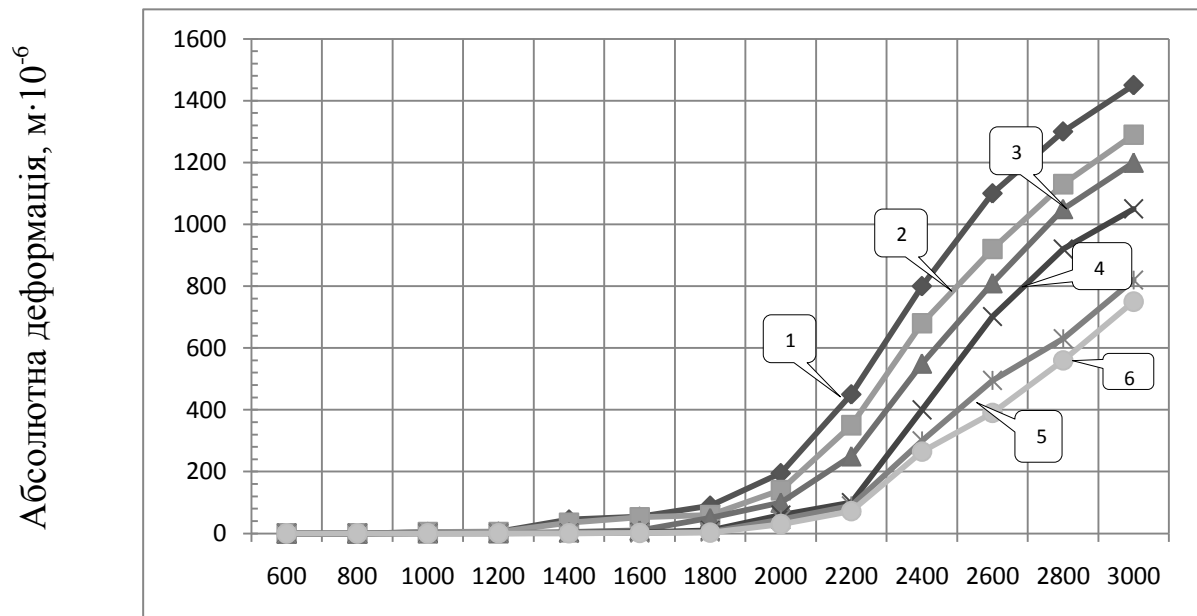
$$y_5 = 1,4676x^2 - 11,572x + 18,321; r^2 = 0,9775$$

$$y_6 = 1,441x^2 - 13,117x + 22,18; r^2 = 0,9419$$

Коефіцієнти апроксимації (r^2) рівнянь свідчать про високу достовірність рівняння, які характеризують реологічні характеристики гелів альгінату в заданих концентраціях AlgNa і глюконату кальцію.

Аналізуючи дане графічне зображення можна зробити висновок, що концентрація альгінату натрію та глюконату кальцію має суттєвий вплив на СМВ гелів альгінату. Збільшення альгінату натрію в рецептурі понад 5 %, призводить до значного зменшення абсолютної деформації під дією такої ж

граничної напруги зсуву. Альгінатові гелі мають більш пружну та щільну структуру, що підтверджується дослідженнями граничної напруги зсуву. Ущільнення структури також відбувається із збільшенням концентрації глюконату кальцію. Вище зазначене вказує на перспективу використання глюконату кальцію для посилення сили гелів, структурованих гідратованих фабрикатів в тому числі з використанням грибного порошку.



Гранична напруга зсуву, Па

- Зразок: 1 – 2,5 % AlgNa + 0, 10% CaCl₂;
 2 – 2,5 % AlgNa + 0,15 % CaCl₂;
 3 – 5,0 % AlgNa + 0,10 % CaCl₂;
 4 – 5,0 % AlgNa + 0,15 % CaCl₂;
 5 – 7,5 % AlgNa + 0,35 % CaCl₂;
 6 – 7,5 % AlgNa + 0,5 % CaCl₂.

Рис. 2 – Залежність абсолютної деформації гелів альгінату натрію з хлоридом кальцію від напруги зсуву

Отримані графічні залежності описуються нижче наведеними рівняннями регресії.

$$y_1 = 17,45x^2 - 118,39x + 152,04; r^2 = 0,9778$$

$$y_2 = 16,008x^2 - 115,35x + 157,9; r^2 = 0,9786$$

$$y_3 = 16,055x^2 - 126,33x + 182,6; r^2 = 0,9786$$

$$y_4 = 15,302x^2 - 130,96x + 202,59; r^2 = 0,9597$$

$$y_5 = 11,422x^2 - 98,546x + 153,98; r^2 = 0,9703$$

$$y_6 = 10,457x^2 - 92,422x + 147,59; r^2 = 0,9679$$

Порівнюючи альгінатові гелі з додаванням глюконату кальцію та хлориду кальцію відмічена подібність впливу іонів кальцію на СМВ характеристики гелів, однак гелі з глюконатом кальцію мають більшу міцність ніж гелі з хлоридом кальцію.

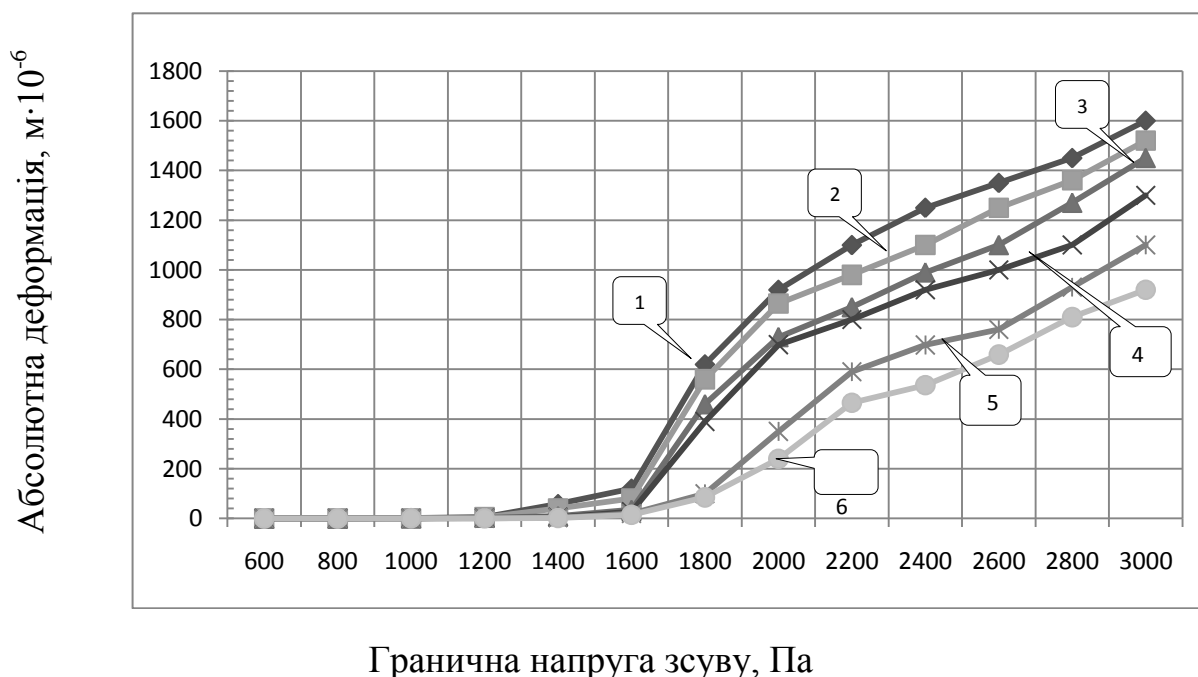
Про це свідчить збільшення абсолютної деформації в останніх при аналогічному навантаженні.

Зменшення міцності може пояснюватися підвищенням активної кислотності (рН) гелів.

рН є одним із факторів, що впливає на утворення структури гелю, оскільки величина рН визначає кількість іонів Ca^{2+} і Alg^- , що перебувають у розчині, тобто розчинність, а також їхню здатність вступати в реакцію. З літературних джерел відомо, що реакція гелеутворення альгінату за участю іонів Ca^{2+} краще протікає за нейтральних значень рН.

Дослідні зразки гелів з глюконатом кальцію мали рН = 7,2...7,5, з хлоридом кальцію – рН=6,8...7,0, з фосфатом кальцію – рН= 6,4-6,5, що обумовлює реологічні характеристики гелів.

Гелі з фосфатом кальцію мали гірші СМВ в порівнянні з попередніми зразками, що підтверджують наступні графічні зображення (Рис. 3).



- Зразок: 1 – 2,5 % AlgNa + 0, 10% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
 2 – 2,5 % AlgNa + 0,15 % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
 3 – 5,0 % AlgNa + 0,10 % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
 4 – 5,0 % AlgNa + 0,15 % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
 5 – 7,5 % AlgNa + 0,35 % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
 6 – 7,5 % AlgNa + 0,5 % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Рис. 3 – Залежність абсолютної деформації гелів альгінату натрію з фосфатом кальцію від напруги зсуву

Залежність абсолютної деформації гелів альгінату натрію з фосфатом кальцію описуються наступними рівняннями:

$$y_1 = 6,8911x^2 + 62,092x - 216,81; r^2 = 0,9379$$

$$y_2 = 7,5185x^2 + 42,357x - 173,16; r^2 = 0,9422$$

$$y_3 = 9,0507x^2 + 9,4468x - 105,59; r^2 = 0,9531$$

$$y_4 = 7,5579x^2 + 16,777x - 113,2; r^2 = 0,9411$$

$$y_5 = 10,148x^2 - 43,83x + 17,692; r^2 = 0,9688$$

$$y_6 = 9,2957x^2 - 47,953x + 37,273; r^2 = 0,9787$$

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволяє зробити висновок, що використання альгінату натрію з додаванням іонів кальцію, у вигляді глюконату кальцію, для застосування в технологіях виробництва структурованих продуктів є перспективним.

В ході експериментів були виготовлені текстуровані гелі на основі відновленого гідратацією грибного порошку і представлених вище композицій альгінату натрію і солей кальцію.

Під час внесення грибного порошку в гель відбувається часткове розм'якшення гелів альгінату з солями кальцію, з утворенням більш щільної структура текстурованого гелю.

Оптимальний рецептурний склад композицій структуроутворювача і грибного порошку для утворення стабільної термостійкої текстури гелю з грибним порошком повинен містити AlgNa , глюконат кальцію і грибного порошок у співвідношенні (5...7,5) : (0,25...0,35) : (9...15).

Використання альгінату натрію з іонами кальцію під час виробництва структурованого напівфабрикату на основі грибного порошку дозволяє змоделювати текстуру бланшованих грибів.

Це в свою чергу дозволяє раціонально використовувати сезонну грибну сировину, розширюючи можливості виробників щодо виробництва харчових продуктів які містять в собі структурні рецептурні компоненти.

Висновки: Отримані нові дані характеру взаємодій альгінату натрію з солями кальцію та їх впливу на СМВ текстурованих гелів з використанням грибного порошку, що розширює можливості використання даної сировини у виробництві харчових продуктів з заданими реологічними і органолептичними характеристиками.

Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення технологій використання гідратованого грибного порошку, з наданням текстури гелю, у складі рецептур харчових продуктів з заданими споживчими характеристиками виробництво яких передбачає проведення помірною і високотемпературного нагріву.

Література

1. Пивоварова О. П. Дослідження стану води та вологоутримуючої здатності структурованих систем на основі альгінату натрію [Текст] / О. П. Пивоварова, Є. П. Пивоваров // зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т. харчування та торгівлі. – 2009.- випуск № 2 (10). – С. 170-177.
2. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення : навчальний посібник / І. В. Сирохман, В. М. Завгородня. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 544 с. – ISBN 978-966-364-803-3
3. Донченко Л. В. Безопасность пищевой продукции : учебник [2-е изд., перераб. и доп.] / Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 539 с. – ISBN 978-5-94943-092-3.