

Кондратюк Н.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІВ ХАРЧОВИХ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧИХ НА ОСНОВІ СУМІШІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ОБОЛОНОК ДЛЯ РИБНИХ ЗАКУСОК

У статті розглянуто актуальне питання можливості використання гелів харчових плівкоутворюючих на основі суміші уронатних полісахаридів (альгінату натрію та пектину) як оболонки для рибних закусок, готових для споживання. Приведені результати моніторингу ситуації з виробництва та використання оболонки, що біодеградує, зокрема для рибних закусок. За результатами реологічних досліджень обґрунтовано склад та описано технологію гелів харчових плівкоутворюючих із подальшими фазовими перетвореннями, що сприяють формуванню міцних і еластичних плівок. Розглянуто питання можливості використання оболонки на основі гелів харчових плівкоутворюючих на поверхні рибних закусок. Описано позитивний вплив оболонки на мікробіологічні показники якості та загальну органолептичну оцінку готової продукції.

Ключові слова: альгінат натрію, пектин, харчова оболонка, рибна продукція, оболонки, що біодеградує.

Постановка проблеми. Рибна продукція має безліч переваг для організму людини. По-перше, білки риби краще засвоюються організмом людини. По-друге, у рибних продуктах міститься набір корисних омега-кислот, які знижують рівень холестерину в крові, сприяють активації обмінних процесів у клітинах, регулюють кров'яний тиск і суттєво зменшують ризик виникнення порушень серцево-судинної системи. По-третє, рибні продукти є джерелом йоду – дуже важливого мікроелемента для нормалізації роботи щитовидної залози [1].

Отже, риба і рибні продукти мають становити значну частину харчового раціону людини, але, на жаль, більшість українців не дотримуються цієї рекомендації дієтологів і лікарів.

З огляду на корисний вплив риби та рибних продуктів на організм людини, у нашій державі чинний Закон України «Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них», який визначає основні правові й організаційні засади забезпечення якості та безпеки риби, інших водних ресурсів, виготовленої з них харчової продукції для життя і здоров'я населення та запобігання негативному впливу на довкілля в разі вилову, перероблення, фасування та переміщення через митний кордон України [2, с. 265–266; 3].

Рибні закуски являють собою зпресований продукт у вигляді паличок із вмістом вологи до 30%, що

є сприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів, які викликають мікробне псування. Крім того, така продукція має здатність до втрати вологи, що значно знижує органолептичні показники якості і зменшує терміни придатності продукту.

Головним засобом запобігання можна вважати оболонки, які для даного виду продукції повинні бути міцними, щільними, еластичними, негігроскопічними, проявляти стійкість до впливу мікроорганізмів та дії температур під час сушіння [4].

Однак для рибних закусок досить важко здійснити підбір натуральних оболонки. Крім того, враховуючи світову тенденцію до мінімізації використання штучних полімерних оболонки у складі готового продукту, питання якості і тривалих термінів зберігання щодо даної продукції залишається й досі невирішеним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На світовому ринку останні роки з'явилася тенденція зростання частки продукції, що має високі показники якості. Однак для розширення асортименту підприємства харчової промисловості потребують нових технологій. А для створення нових продуктів необхідні нові харчові форми, тобто придання первинній структурі оригінального зовнішнього виду та технологічних властивостей [5].

Оскільки на харчових підприємствах, особливо на потужностях із виробництва риби та рибопро-

дуктів, найбільш ефективним є використання інгредієнтів із підвищеними захисними та поліпшеними технологічними властивостями, розроблення науково обґрунтованої технології плівкоутворюючих гелів для подальшого використання у виробництві рибних продуктів, зокрема рибних закусок, є актуальним.

Прагнення багатьох виробників оптимізувати харчопереробний бізнес дали поштовх широкому запровадженню інноваційних технологій та інгредієнтів, здатних підвищити якість продукції, що виробляється. Праці вчених: В. Баранова, С. Ставрова, Ф. Перцевого, П. Пивоварова, Д. Різ, Саскіа де Йонг, К. Рос та ін., присвячено обґрунтуванню механізму гелеутворення, зокрема й за умови додавання модифікуючих добавок. Сьогодні успішно застосовуються різноманітні за походженням, вартістю, функціональними можливостями та поживними властивостями інгредієнти: карагінани, пектини, альгінати, клітковина, камеді, агар тощо [6].

Однак ці речовини в нативному вигляді (тобто в стані порошків) не можуть бути використані в складі харчових продуктів, зокрема рибних закусок. Враховуючи здатність вищевказаних речовин до гелеутворення, а за деяких умов і драглеутворення, багато виробників рибних закусок і консервів виробляють продукцію в желейній основі.

Нами було запропоновано використання полісахаридів у складі оболонки для рибних закусок, які являють собою плівки, створені на основі гелів харчових плівкоутворюючих.

Раніше нами було встановлено, що гелі, сформовані завдяки реакції іонотропного гелеутворення в середовищі уронатних полісахаридів (зокрема альгінату натрію і пектину низькоетерифікованого та низькоетерифікованого амідованого) є найміцнішими та найпрозорішими. А після фазового переходу з гідрогелю в ксерогель формуються міцні прозорі плівки [7].

Проте варто зазначити, що гідрогелі, окрім альгінату натрію та низькоетерифікованого амідованого пектину, мають суттєві недоліки в процесі формування плівок. Так, наприклад, плівкам, утвореним із гелю чистого альгінату натрію, властива відносна «крихкість», оскільки структура гелів формується завдяки присутності значної кількості більш просторових елементів-гулуронатів, аніж лінійних – мануронатів. Пектин низькоетерифікований амідований складається з елементів, що здебільшого мають лінійні структурні ланки, тому плівки з гелю на основі чистого пектину низькоетерифікованого амідованого досить

пластичні, однак не міцні. У разі спільного використання можна усунути ці недоліки і надати плівці водночас пластичності та міцності, що дозволить використовувати такі системи у виробництві натуральних плівок, що біодеградують.

Постановка завдання. Використання плівок на основі композицій з альгінату натрію та пектину низькоетерифікованого амідованого як харчових оболонок є новим підходом у виробництві рибних закусок, які мають вигляд зпресованих паличок. Означений вид продукції має високу біологічну та харчову цінність завдяки високому вмісту білків риби; відрізняється від аналогів високими органолептичними показниками, які мають здатність до швидкого зниження через втрату вологи. Цілеспрямоване використання таких оболонок сприяє поліпшенню санітарно-мікробіологічних, органолептичних показників готового продукту. Водночас прогнозовано, що подовжаться і терміни придатності. Тому метою наших досліджень стало розроблення технології плівок, що біодеградують і утворюються на поверхні рибних закусок, з харчових гелів на основі композиції уронатних полісахаридів, для покращення показників якості та пролонгації термінів зберігання готової продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. З вищезазначеного випливає, що ефективніше використовувати складні суміші уронатних полісахаридів, що сприятиме покращенню органолептичних властивостей готового продукту. Очевидно, що за варіювання співвідношення полісахаридів у суміші можна регулювати властивості композиції загалом. Саме цей факт дозволяє спрогнозувати те, що різні комплекси мають здатність задовольнити різні технологічні потреби.

Для цього необхідним став аналіз переваг сумішей, які покладені в основу інноваційного розроблення.

У роботі описано новий вид харчової оболонки, складниками якої стали низькоетерифікований амідований пектин і високогулуронатний альгінат натрію. Завдяки наявності такої оболонки новий продукт буде мати високі органолептичні, функціональні і споживчі властивості, високий вміст вітамінів, мікроелементів без зміни органолептичних показників.

Альгінат натрію та пектин низькоетерифікований широко використовуються як гелеутворювачі у виробництві реструктурованих продуктів. Головною їхньою перевагою порівняно з іншими гелеутворювачами полісахаридної природи є здатність утворювати термостабільні гелі, які можуть формуватися вже за кімнатної температури.

Структура таких гелів залежить від низки чинників і визначається кінетикою реакції між молекулами альгінату натрію, пектину й іонами кальцію. За джерело іонів кальцію було обрано його розчинну сіль CaCl_2 . Внаслідок практично миттєвого розчинення солі швидкість реакції гелеутворення дуже велика, що важливо під час формування гелеподібної оболонки на готовому продукті, яка має швидко перетворитися на ксерогель. У результаті швидко утворюється однорідна структура, яка має достатню механічну міцність. Для того, щоб отримати однорідний, механічно міцний гель, необхідно домогтися повного протікання реакції. Для цього її необхідно провести у два етапи.

На першому етапі треба змішати сухі компоненти: альгінат натрію та пектин, згодом – додати води і дати набухнути компонентам. Після чого нанести гель на поверхню виробу (рибної закуски).

Другий етап полягає в тому, що на поверхню гелю необхідно розпилити аерозольним способом розчин CaCl_2 (0,5–1,0%). У такому разі однорідна за об'ємом структура гелю утворюється шляхом дифузії іонів кальцію всередину системи полісахаридів із подальшим зшиванням полімерних ланцюгів між собою. Завершенням цього етапу є підсушування зразків теплим повітрям або інфрачервоним випромінюванням для швидкого видалення зовнішньозв'язаної вологи із системи гідрогелю. Структура утворених гелю і плівки залежить від співвідношення концентрацій альгінат : пектин : Ca^{2+} .

Основна перевага висушених систем полягає в тому, що вони можуть набувати форми продукту, на який були нанесені. Такі плівки є стійкими під час нагрівання й охолодження, не впливають на смако-ароматичні показники готового продукту, оскільки нейтральні за смаком і мають лікувально-профілактичний ефект за споживання.

Реологічні властивості гелів харчових плівкоутворюючих на основі композицій «альгінат натрію – пектин», що містять різні співвідношення полісахаридів, досліджували за допомогою ротаційного віскозиметра ВПН-0,2. Раніше нами запропонована оптимальна концентрація сухих речовин у розчині гелю – 3%, що дозволяє одержувати міцні, термостійкі плівки.

Під час вибору концентраційних співвідношень полісахаридів виходили з рекомендацій поступового збільшення кількості одного полісахариду (альгінату натрію) в системі іншого (пектину).

За попередніми дослідженнями було визначено, що за показниками в'язкості найбільш оптимальними для побудови технологічного процесу, тобто такими, що можуть забезпечити швидке витікання гелю та його розтікання поверхнею виробу, є співвідношення альгінат : пектин 0,9 : 2,1 та 2,1 : 0,9. Реологічні криві наведені на рис. 1.

Аналіз реограм, наведених на рис. 1, свідчить про те, що показники в'язкості досліджуваних систем за вказаної швидкості зсуву дозволяють пояснити особливості формування гелю, утвореного на основі композиції з альгінату натрію високогулуронатного та пектину низькоетерифікованого амідованого. У таких гелях завдяки електростатичному притягуванню, яке виникає між функціональними групами із частково позитивним зарядом ($-\text{CH}_3$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COONa}$) та частково негативним зарядом ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$), відбувається взаємодія, яка підсилюється дією полярного розчинника – води.

У зразках з концентрацією альгінату натрію 2,1% та 0,9% було зафіксовано «аномальне» падіння в'язкості з 0,261 до 0,188 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ та з 0,213 до 0,175 $\text{Pa}\cdot\text{s}$. Це є наслідком збільшення концентрації пектину в системі, який містить функціональні групи із частково позитивним зарядом ($-\text{CH}_3$, $-\text{NH}_2$) і є носієм гідрофобних частинок ($-\text{CH}_3$). У цих зразках завдяки силам електростатичного тяжіння позитивно заряджені частинки пектину максимально наближаються до негативно заряджених частинок альгінату. Через виникнення вандерваальсових сил відбувається утворення асоціатів, які витісняють молекули води в зовнішні шари системи.

Ущільнення волокон уронатних полісахаридів і збільшення кількості молекул води в зовнішніх шарах системи спричиняє «проковзування» гелю між стінками ротаційного віскозиметра і відобра-

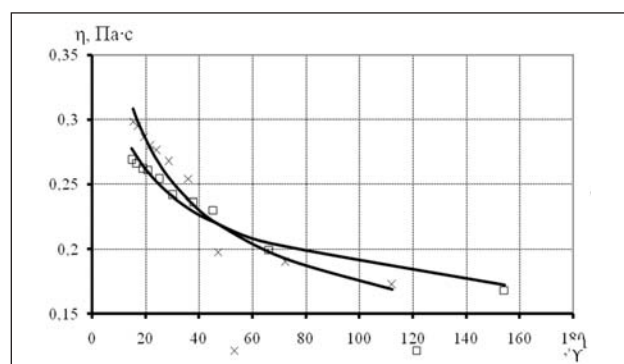


Рис. 1. Кінетика зміни в'язкості зразків гелів за швидкості зсуву 100 c^{-1} та масових співвідношень альгінат натрію : пектин : × – 0,9 : 2,1; □ – 2,1 : 0,9

жається зниженням показника в'язкості за зафіксованої напруги зсуву.

Таким є процес формування шарів гелю, які являють собою ланцюг переплєтених полісахаридних волокон альгінату і пектину за їх наближенн завдяки електростатичним взаємодіям [8].

Наступний етап експерименту – висушування. Гелі наносили тонким шаром на поверхню готових виробів, розміщених на решітці для стікання надлишку гелю в спеціальний прийомник для подальшого рециклінгу. Після цього аерозольним способом був розпилений розчин структуроутворювача на поверхню гелю. Далі підсушування відбувалося в полі інфрачервоного випромінювання з контролем температури нагріву поблизу поверхні виробів $38 \pm 2^\circ\text{C}$. Утворення сухої плівки на поверхні виробу та постійна маса за трикратного зважування свідчили про закінчення процесу випаровування вологи і відповідали моменту повного висихання.

Висновки. Виходячи з аналізу доступних наукових даних, можна зробити висновок, що використання гелів харчових плівкоутворюючих на основі сумішей уронатних полісахаридів у виробництві оболонки для рибних закусок як природного чинника мікробіологічної та органолептичної стабільності дає можливість подовжити

термін зберігання даних харчових продуктів, а також підвищити їхню харчову цінність. Уронатні полісахариди мають властивість зв'язувати важкі метали, виводити токсини, відновлювати склад мікрофлори товстого кишківника та дозволяють запровадити технологію виробництва рибних закусок (паличок) без використання штучних оболонок, замінивши їх плівками на основі уронатних полісахаридів, які мають хороші пребіотичні властивості і запобігають накопиченню патогенних мікроорганізмів.

На основі проведених аналітичних і експериментальних досліджень підібрано компоненти, визначено їхнє співвідношення та розроблено стратегію виготовлення гелів харчових плівкоутворюючих. Розроблено принцип нанесення гідрогелю на поверхню виробу, способи прискорення переходу з фази гідрогелю до фази ксерогелю. З аналізу отриманих реопараметрів можна зробити висновок про те, що за швидкості зсуву 100 с⁻¹ структура гелів харчових плівкоутворюючих за співвідношень альгінат натрію : пектин: 0,9 : 2,1; 2,1 : 0,9 практично цілковито відновлюється. Зауважимо, що реограми течії в усьому діапазоні вимірювань швидкостей мають нелінійний характер, що свідчить про стійкість гідрогелів до руйнування.

Список літератури:

1. Деркач Т., Кондратюк Н. Сучасні наукові напрями у харчуванні: навч. посібник. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2009. 212 с.
2. Богатко Н., Салата В., Букалова Н., Богатко Л., Каблучко М. Особливості запровадження системи НАССР на рибопереробних та рибодобувних підприємствах України. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2013. Т. 15. № 3 (57). Ч. 3. С. 265–272.
3. Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них: Закон України, затв. ВР 6 лютого 2003 р. № 3486–IV; зміни від 6 липня 2010 р.
4. Пасовец Е., Свитич Ю., Стаскевич А. и др. Влияние мезофильных микроорганизмов на сроки хранения вареных колбас в зависимости от типа их оболочки. Сб. научн. Трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016. № 9. Т. 1. С. 447–449.
5. Власенко В., Власенко И. Использование низину в производстве вареных колбас функционального направления. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. 2016. № 2 (68). Т. 18. С. 21–26.
6. Степанова Т. Инновационные идеи в технологии сладких желированных блюд на основе плодово-ягодного сырья. Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2015. Вип. 17. С. 108–113.
7. Kondratjuk N., Okovyty S., Pyvovarov Y. etc. Quantum-chemical modeling of urinate polysaccharides dimmers in the strategy of creating food biodegraded coatings. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. Серія «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. Х.: НТУ «ХПІ». 2017. № 41 (1263). С. 47–52.
8. Wolfel A., Marcelo R., Cecilia I.A.I. Post-synthesis modification of hydrogels. Total and partial rupture of crosslinks: Formation of aldehyde groups and recrosslinking of cleaved hydrogels. Polymer. 2017. V. 116. P. 251–260.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛЕЙ ПИЩЕВЫХ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ СМЕСИ УРОНАТНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОЛОЧЕК ДЛЯ РЫБНЫХ ЗАКУСОК

В статье рассматривается актуальный вопрос о возможности использования гелей пищевых пленкообразующих на основе смеси уронатных полисахаридов (альгината натрия и пектина) в качестве оболочки для рыбных закусок. По результатам реологических исследований обоснован состав и описана технология гелей пищевых пленкообразующих с последующими фазовыми преобразованиями, способствующими формированию крепких и эластичных плёнок. Рассмотрен вопрос возможности использования оболочек на основе гелей пищевых плёнкообразующих на поверхности рыбных закусок. Описано положительное влияние оболочек на микробиологические показатели качества и общую органолептическую оценку готовой продукции.

Ключевые слова: альгинат натрия, пектин, пищевая оболочка, рыбная продукция, биodeградирующие оболочки.

USING OF FOOD FILM-FORMED GELS ON THE BASIS OF URONATE POLYSACCHARIDES MIXTURE IN SHELLMAKING FOR FISH SNACKS

An actual question about the possibility of using food film-forming gel based on a mixture of uronate polysaccharides (sodium alginate and pectin) as a shell for fish snacks was considered. There sults of rheological research was described in this article. The composition and technology of food film-forming gels with the subsequent phase transformations, which contribute to the formation of strong and elastic films, was substantiated. The question of the possibility of using shells based on food film-forming gels on the surface of the fish snacks was considered. The positive influence of shells on microbiological indicators of quality and the general organoleptic estimation of finished products was described.

Key words: sodium alginate, pectin, food shell, fish snacks, biodegradation shells.