



С. П. Боковець,
аспірант кафедри технології харчування
Сумський національний аграрний університет
(м. Суми, Україна)



Ф. В. Перцевой,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології харчування
Сумський національний аграрний університет
(м. Суми, Україна)

ВИВЧЕННЯ МІЦНОСТІ ГЕЛІВ ПРИ ДОДАВАННІ ГЛІЦЕРИНУ

Стаття присвячена вивченню міцності гелів на основі агару, фуруцеллану, каппа-карагінану та желатину при додаванні гліцерину для встановлення діапазону концентрацій структуроутворювача та зв'язуючого компоненту в рецептурі корпусу для батончиків шоколадних.

Особливість технологічного аспекту використання полісахаридів (агару, желатину, фуруцеллану, карагінану) у харчових продуктах, базується на їхній здатності надавати продуктам необхідних структурно-механічних властивостей.

У дослідженнях були використані агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), фуруцеллан ТМ Stagar (Естонія), желатин ТМ «Gelita» (Німеччина), каппа-карагінан, гліцерин ТМ BASF (Німеччина), для приготування розчинів використовували дистильовану воду. Дослідження міцності гелів визначали на приладі Валента після структуроутворення розчинів протягом 300×60 с за температури 20±2 °С.

Експериментально досліджено залежність міцності структури модельних систем «агар 1,0 %-гліцерин-вода», «фуруцеллан 1,5 %-гліцерин-вода», «каппа-карагінан 1,5 %-гліцерин-вода» та «желатин 4,0 %-гліцерин-вода». Гліцерин вносили у модельні системи в інтервалі 10,0...50,0 % з кроком в 10,0 %.

Науково обґрунтовано вплив гліцерину на міцність гелеподібних систем на основі агару, фуруцеллану, каппа-карагінану та желатину. Встановлено, що при додаванні гліцерину в інтервалі від 10,0 до 50,0 % у модельні системи на основі агару, фуруцеллану та желатину, збільшується міцність структури гелю. Внесення гліцерину у систему на основі каппа-карагінану є доцільним в інтервалі від 10,0 до 40,0 %. Додавання понад 40,0 % гліцерину призводить до зниження міцності гелю.

Також встановлено, що система на основі фуруцеллану характеризується значно меншими показниками міцності гелю в порівнянні зі зразками на основі агару, каппа-карагінану та желатину.

Ключові слова: міцність гелю, агар, фуруцеллан, каппа-карагінан, желатин, гліцерин, модельні системи, структурно-механічні властивості.

S. P. Bokovets,

Graduate student at the Department of Food Technologies
Sumy National Agrarian University
(Sumy, Ukraine)
E-mail: sergiy_bokovec@ukr.net

F. V. Pertsevoi,

Doctor of Engineering, Professor,
Professor at the Department of Food Technology
Sumy National Agrarian University
(Sumy, Ukraine)
E-mail: percevoyfedor@gmail.com

STUDY OF THE STRENGTH OF GELES WITH THE ADDITION OF GLYCERIN

The article is devoted to the study of the strength of gels based on agar, furcellaran, kappa-carrageenan and gelatin with the addition of glycerin to determine the range of concentrations of the structurant and binder component in the formulation of the body for chocolate bars.

The peculiarity of the technological aspect of the use of polysaccharides (agar, gelatin, furcellaran, carrageenan) in food products is based on their ability to give products the necessary structural and mechanical properties. They are used in the food industry in the production of jam, confiture, canned fruits and vegetables, chewing gum, ice cream, condensed milk, mayonnaise, bakery products (to slow down hardening), canned meat and fish, diabetic foods, as well as in the confectionery industry. time of production of marshmallows, pastilles, marmalade, glazes, fillings, souffles, etc.

The strength of the model systems "agar 1,0 %-glycerin-water", "furcellaran 1,5 %-glycerin-water", "kappa-carrageenan 1,5 %-glycerin-water" and "gelatin 4,0 %-glycerin-water". Glycerin was added to the model systems in the range of 10,0... 50,0 % in increments of 10,0 %.

The effect of glycerin on the strength of gel-like systems based on agar, furcellaran, kappa-carrageenan and gelatin has been scientifically substantiated. An increase in the strength of the gel structure was found when glycerin was added in the range of 10,0...50,0 % to model systems based on agar, furcellaran and gelatin. The introduction of glycerin into the system based on kappa-carrageenan is appropriate in the range of 10.0...40,0 %. The addition of more than 40,0 % glycerol reduces the strength of the gel.

It was also found that the system based on furcellaran is characterized by significantly lower gel strength compared to samples based on agar, kappa-carrageenan and gelatin.

Key words: gel strength, agar, furcellaran, kappa-carrageenan, gelatin, glycerin, model systems, structural and mechanical properties.

Постановка проблеми. Харчова промисловість – одна з найбільших галузей господарства нашої країни. Важливим завданням для закладів ресторанного господарства та харчової промисловості України є впровадження конкурентоспроможних, інноваційних технологій та розширення асортименту продукції, у тому числі і кондитерської. Вона покликана задовольняти потреби населення в різноманітних продовольчих товарах [1].

Кондитерська промисловість – одна з провідних галузей харчової промисловості. За обсягом виробництва вона стоїть на другому місці в світі, оскільки забезпечує випуск близько двох тисяч найменувань кондитерських виробів [2]. Вони містять переважно вуглеводи, тому зважаючи на умови життя людей та дітей (нераціональне харчування, екологія, стрес) харчування потрібно раціоналізувати, використовуючи сировину багату поживними та біологічно-активними речовинами. В останні роки у споживачів істотно збільшився інтерес до харчових продуктів, що містять корисні для здоров'я людини нутрієнти та які характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю [3].

З урахуванням сучасних тенденцій нами запропоновано модель інноваційної технології батончиків шоколадних з використанням меду та порошку кунжутного для використання їх в кондитерській галузі та ресторанному господарстві. Серед широкого асортименту кондитерських виробів, шоколадні батончики займають особливе місце, вони популярні, смачні, та часто використовуються, як перекус [4].

Оскільки споживач особливої увагу звертає на органолептичні властивості продукту, перед нами стала задача отримання виробу з відповідними органолептичними властивостями та необхідними структурно-механічними властивостями начинки. У технології запропонованого виробу в якості начинки буде використовуватись сумісне поєднання меду та порошку кунжутного, а також розчин агару з додаванням гліцерину, для отримання належних структурно-механічних показників корпусу. Використання агару в технологічному процесі виробництва корпусу з гелеподібною структурою потребує наукового обґрунтування, оскільки за взаємодії з гліцерином агар, за певних умов, здатен регулювати та надавати продукції заданих структурно-механічних характеристик [5].

Гелеутворювачі, які додають у харчові продукти та які утворюють необхідні структурно-механічні властивості продукту є агар, фуцеллан, каппа-карагінан, желатин. Проаналізувавши

їх дію ми вважаємо, що для корпусу нашого продукту доцільно використовувати систему агар-гліцерин-вода, яка дозволить розробити корпус з необхідними структурно-механічними властивостями. Таким чином встановлено, що першочерговим завданням є визначення структурно-механічних властивостей, зокрема міцності, системи «агар-гліцерин-вода», а також науково обґрунтувати вибір даної системи в порівнянні з іншими гелеподібними системами [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженням полісахаридів займались багато вітчизняних та зарубіжних учених [7, 8, 9, 10, 11]. Агар використовується в харчовій промисловості під час виробництва джему, конфітурів, фруктових та овочевих консервів, жувальної гумки, морозива, згущеного молока, майонезу, хлібобулочних виробів (для уповільнення черствіння), м'ясних та рибних консервів, продуктів діабетичного харчування, а також в кондитерській промисловості під час виробництва зефіру, пастили, мармеладу, глазури, начинки, суфле тощо.

У ході огляду зарубіжних та вітчизняних літературних джерел встановлено, що питанням вивчення міцності гелів агару та інших полісахаридів, а також впливу на них інших допоміжних речовин приділено багато уваги.

У статті [7] досліджено реологічні властивості водних розчинів агару, желатину та їх суміші для желейних виробів. Експериментально було визначено величини напруги зсуву, ефективну динамічну в'язкість цих систем в діапазоні швидкості зсуву $17-1021 \text{ c}^{-1}$ та інтервалі температури $24-50^\circ\text{C}$. При температурі 42°C спостерігається слабка залежність в'язкості від швидкості зсуву. При переході із системи «вода-агар» до системи «вода-агар-желатин» в'язкість зменшується, що свідчить про факт «розривання» системи «вода-агар» при додаванні до неї желатину. Для системи «вода-желатин» відзначено зменшення в'язкості з підвищенням температури.

Метою авторів статті [8] було дослідження впливу технологічних чинників на міцність гелів капа-карагінану. В ході досліджень була встановлена залежність міцності гелів капа-карагінану від концентрації. Було виявлено, що зміна концентрації капа-карагінану у межах $0,3...1,0\%$ призводить до значної зміни міцності утворених гелів: міцність збільшується з $34,5 \pm 0,5 \text{ г}$ до $454,0 \pm 0,5 \text{ г}$. Також було встановлено залежність гелів капа-карагінану від вмісту знежиреного молока за концентрації капа-карагінану. Введення знежиреного молока до 5% у систему, що містить $0,4\%$ капа-карагінану, сприяє

збільшенню міцності гелів з $44,5 \pm 0,5$ г до $191,5 \pm 0,5$ г, а подальше збільшення вмісту знежиреного молока до 10 % призводить до зменшення міцності гелів. Залежність міцності гелів капа-карагінану з концентрацією 0,6 % та вмісту знежиреного молока 2,5 %, сприяє збільшенню міцності гелів. За концентрації капа-карагінану 0,8 % залежність міцності гелів не залежить від вмісту знежиреного молока.

Група учених [9] дослідила вплив агару на реологічні характеристики паст закусочних. Експериментальними дослідженнями реологічних показників сирної пасти було встановлено, що діапазон вмісту агару $1,3 \pm 0,1$ % в рецептурі є раціональним для забезпечення пастоподібної структури. Збільшення вмісту агару спричиняє значному зниженню пластичності, підвищенню еластичності та зростанню пружності, що призводить до гумистої текстури продукту. Зменшення агару в рецептурі спричиняє суттєве зменшення модуля пружності та призводить до збільшення текучості структури продукту.

Авторами статті [10] було вивчено міцність структури змішаних гелів на основі агару з анфельції та грацилярії. Встановлено характерну залежність збільшення міцності гелів агару при додаванні желатину від 1 до 5 % у $1,18 \dots 3,56$ разів – для агару з анфельції та $1,45 \dots 3,05$ – для агару з грацилярії. Додатковевнесення 0,1 % хлористого кальцію дозволяє збільшити міцність зазначених зразків у $1,23 \dots 4,30$ та $1,70 \dots 3,93$ рази відповідно.

У роботі [11] досліджено реологічні властивості агарових гелів та вплив на них дисахаридів (сахароза) та моносахаридів (фруктоза). Встановлено, що сахароза та фруктоза дещо послаблюють структуру агарового гелю, проте його міцність залишається достатньо великою, що дозволяє використовувати їх при виробництві багатьох видів кондитерських виробів, що мають гелеподібну структуру.

У ході аналітичного огляду було виявлено, що дослідження, які стосуються визначення структурно-механічних властивостей гелеподібних систем у літературі мають розрізнений характер. А дослідження, які стосуються вивчення впливу додавання гліцерину на міцність гелевих систем на основі агару, желатину, капакарагенану та фурцеларану практично відсутні. Це обумовлює актуальність обраного напрямку.

Постановка завдання. Метою статті є вивчення міцності гелів при додаванні різного вмісту гліцерину, для встановлення діапазону концентрацій структуроутворювача та зв'язуючого компоненту в рецептурі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливість технологічного аспекту використання полісахаридів (агару, желатину, фурцеларану, карагінану) у харчових продуктах, базується на їхній здатності надавати продуктам необхідних структурно-механічних властивостей.

У дослідженнях були використані агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), фурцелларан

ТМ Stagar (Естонія), желатин ТМ «Gelita» (Німеччина), каппа-карагінан, гліцерин ТМ BASF (Німеччина), для приготування розчинів використовували дистильовану воду. Агар, фурцелларан, желатин та каппа-карагенан є гідроколоїдами, які можуть утворювати гелі при диспергуванні у воді відповідних концентрацій. Концентрація, необхідна для утворення гелю, залежить від різних факторів, таких як тип гідроколоїду, температура та рН.

Експериментально були досліджені модельні системи «агар 1,0 %-вода», «фурцелларан 1,5 %-вода», «желатин 4,0 %-вода» та «каппа-карагінан 1,5 %-вода» при додаванні в ці системи гліцерину від 10,0 % до 50,0 %.

У випадку агару зазвичай використовується концентрація 1,0 % для утворення гелю з бажаними властивостями. Було встановлено, що ця концентрація забезпечує хороший баланс між міцністю та прозорістю гелю, що робить його придатним для різноманітних застосувань.

Фурцелларан — це тип гідроколоїду, отриманого з морських водоростей, який може утворювати гелі при низьких концентраціях. Концентрація 1,5 % зазвичай використовується для формування фурцелларанового гелю, який демонструє хорошу міцність гелю, еластичність і прозорість.

Желатин є гідроколоїдом на білковій основі, який також може утворювати гелі при низьких концентраціях. Проте для формування желатинового гелю, який має хорошу міцність і прозорість гелю зазвичай використовується концентрація від 4,0 %.

Каппа-карагенан — ще один тип гідроколоїду, отриманого з морських водоростей, який зазвичай використовується в харчових продуктах та інших промислових цілях. Каппа-карагенан утворює гелі в концентраціях вище 1,0 %, зазвичай між 1,5-2,0 %. Концентрація 1,5 % каппа-карагенану у воді часто використовується для утворення гелю з міцною текстурою та хорошою термічною стабільністю. Було встановлено, що ця концентрація забезпечує хорошу міцність і еластичність гелю, що робить його придатним для різних застосувань, зокрема й у виготовленні гелевих систем для виробництва батончиків.

Підсумовуючи, вибрані концентрації для агару, фурцелларану, желатину та каппа-карагенану ґрунтуються на попередніх дослідженнях і усталеній практиці виробництва гелів із бажаними властивостями.

Систему «агар 1,0 %-вода» з додаванням гліцерину готували наступним чином. Наважку сухого компоненту всипали у воду за температури 20 ± 2 °С, перемішували, після чого вносили гліцерин в інтервалі 10,0...50,0 % з кроком в 10,0 % та залишали для набухання протягом 30-40×60 с. Далі на водяній бані нагрівали даний розчин при температурі 85-95 °С до повного розчинення агару. Після цього систему розливали у 3 бюкси та залишали при температурі 20 ± 2 °С у межах 300×60 с до утворення гелю.

Системи «фурцелларан 1,5 %-вода», «желатин 4,0 %-вода» та «каппа-карагінан 1,5 %-вода»

готували за принципом наведеним вище. Сухий компонент всипали у воду за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$, перемішували, вносили гліцерин та залишали для набухання протягом 30-40×60 с. Далі розчин нагрівали за температури від 50°C до 95°C до повного розчинення відповідного сухого компоненту. Після цього відповідний розчин розливали у бюкси та залишали при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ у межах 300×60 с до утворення гелю.

Дослідження міцності гелів визначали на приладі Валента після структуроутворення розчинів протягом 300×60 с за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$. У якості контрольних зразків були взяті модельні системи «агар 1,0 %-вода», «фурцеларан 1,5 %-вода», «желатин 4,0 %-вода» та «каппа-карагінан 1,5 %-вода» без додавання гліцерину.

На рис. 1 наведено залежність міцності структури гелю на основі агару від вмісту гліцерину.

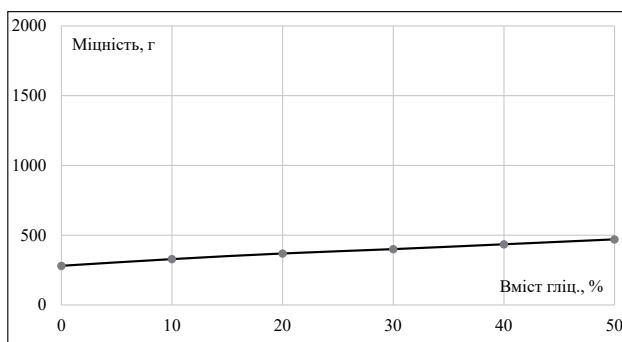


Рис. 1. Залежність міцності структури гелю на основі агару від вмісту гліцерину

Як видно з рис. 1, при збільшенні вмісту гліцерину, міцність гелю на основі агару збільшується від $280,7 \pm 2,0$ до $470,2 \pm 2,0$ г. Досліджено, що міцність системи, яка містить 1,0 % агару, без внесення гліцерину, становить $280,7 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, її міцність збільшується з $280,7 \pm 2,0$ до $328,6 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $280,7 \pm 2,0$ до $369,0 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0, 40,0 та 50,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $400,2 \pm 2,0$ г, $435,0 \pm 2,0$ г та $470,2 \pm 2,0$ г відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що внесення гліцерину у систему, яка містить 1,0 % агару, позитивно впливає на структуру готового гелю, адже значно збільшує його міцність.

На рис. 2 наведено залежність міцності структури гелю на основі фурцелларану від вмісту гліцерину.

На кривій рис. 2 показано збільшення міцності гелю на основі фурцелларану від $28,0 \pm 2,0$ до $32,3 \pm 2,0$ г, при додаванні гліцерину в інтервалі 10,0...50,0 % з кроком в 10,0 %. Встановлено, що міцність системи, яка містить 1,5 % фурцелларану, без внесення гліцерину, становить $28,0 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, міцність гелю збільшується з $28,0 \pm 2,0$ до $32,3 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $28,0 \pm 2,0$ до

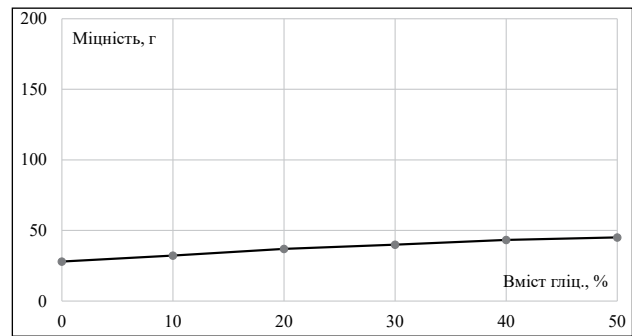


Рис. 2. Залежність міцності структури гелю на основі фурцелларану від вмісту гліцерину

$37 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0, 40,0 та 50,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $40,0 \pm 2,0$ г, $43,3 \pm 2,0$ г та $45,1 \pm 2,0$ г відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що внесення гліцерину у систему, яка містить 1,5 % фурцелларану призводить до збільшення міцності гелю, проте у порівнянні з системою на основі агару, вона характеризується досить низькою міцністю гелю.

На рис. 3 наведено залежність міцності структури гелю на основі фурцелларану від вмісту гліцерину.

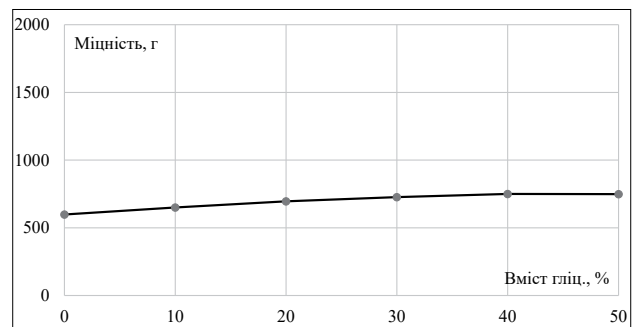


Рис. 3. Залежність міцності структури гелю на основі каппа-карагінану від вмісту гліцерину

На рис. 3 видно, що при збільшенні вмісту гліцерину, міцність гелю на основі каппа-карагінану збільшується від $598,2 \pm 2,0$ до $748,6 \pm 2,0$ г. Досліджено, що міцність системи, яка містить 1,5 % каппа-карагінану, без внесення гліцерину, становить $598,2 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, міцність гелю збільшується з $598,2 \pm 2,0$ до $650,5 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $598,2 \pm 2,0$ до $695,4 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0 та 40,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $727,0 \pm 2,0$ г та $750,1 \pm 2,0$ г відповідно. Додавання 50,0 % гліцерину у систему призводить до зменшення міцності гелю до $548,6 \pm 2,0$ г. Ймовірно, що при додаванні такої кількості гліцерину, деякі частинки сухого компоненту – каппа-карагінану не набухають, і в результаті під час нагрівання системи, повністю не розчиняються, тому міцність гелю зменшується.

Таким чином можна стверджувати, що при додаванні до 40,0 % гліцерину у систему, яка містить 1,5 % каппа-карагінану, міцність гелю збільшується та залишається високою. Збільшення кількості гліцерину до 50,0 % призводить до зниження міцності системи і є недоцільним.

На рис. 4 наведено залежність міцності структури гелю на основі желатину від вмісту гліцерину.

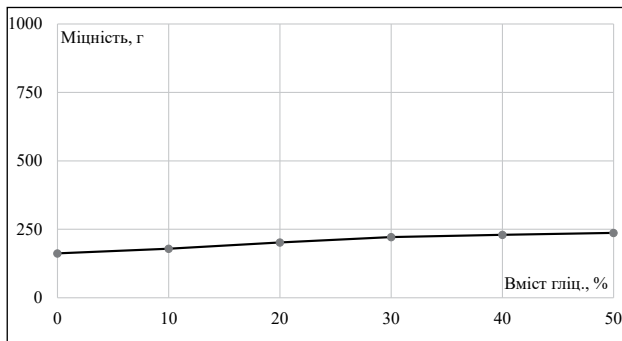


Рис. 4. Залежність міцності структури гелю на основі желатину від вмісту гліцерину

Як видно з рис. 4, при збільшенні вмісту гліцерину, міцність гелю на основі желатину збільшується від $162,2 \pm 2,0$ до $237,0 \pm 2,0$ г. Досліджено, що міцність системи, яка містить 4,0 % желатину, без внесення гліцерину, становить $162,2 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, її міцність збільшується з $162,2 \pm 2,0$ до $179,4 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $162,2 \pm 2,0$ до $202,1 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0, 40,0 та 50,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $222,0 \pm 2,0$ г, $229,8 \pm 2,0$ г та $237,0 \pm 2,0$ г відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що внесення гліцерину у систему, яка містить 4,0 % желатину, позитивно впливає на структуру готового гелю, адже міцність його збільшується. Проте у порівнянні з системами на основі агару та каппа-карагінану, дана система характеризується нижчою міцністю структури гелю.

Щодо порівняння отриманих результатів міцності гелевих систем з результатами органолептичної оцінки слід зазначити, що для гелю на основі агару додавання гліцерину значно підвищило міцність гелю, при цьому сенсорна оцінка показала, що текстура гелю стала твердішою та крихкішою зі збільшенням концентрації гліцерину, але залишалася прийнятною для споживання до концентрації 30 %

Для гелів на основі фуцеларану та желатину збільшення концентрації гліцерину призвело до збільшення міцності гелю. Сенсорна оцінка показала, що текстура гелів ставала твердішою та еластичнішою зі збільшенням концентрації гліцерину до 20 %, Однак при збільшенні концентрації органолептичні показники погіршувались, зокрема погіршився колір, а також гелі мали неприємний смак.

У випадку гелю на основі каппа-карагінану додавання гліцерину також призвело до збіль-

шення міцності гелю. Однак важливо відзначити, що гель, який містить від 40 % гліцерину, мав нижчу оцінку з точки зору органолептичних властивостей, що вказує на те, що текстура та відчуття в роті були не такими бажаними, як при нижчій концентрації гліцерину. Тому, хоча вищі концентрації гліцерину можуть призвести до більш міцних гелів, органолептичні властивості можуть погіршуватись.

Загалом результати свідчать про те, що вибір гідроколоїду та концентрація гліцерину можуть значно вплинути на текстуру та сенсорні властивості отриманого гелю.

Висновки. Досліджено залежність міцності структури гелів на основі агару, фуцелларану, каппа-карагінану та желатину від вмісту гліцерину, який вносили у систему структуроутворювач-гліцерин-вода.

В результаті експериментального дослідження встановлено, що при додаванні гліцерину в інтервалі 10,0...50,0 % у модельні системи на основі агару, фуцелларану та желатину, збільшується міцність структури гелю. Внесення гліцерину у систему на основі каппа-карагінану є доцільним в інтервалі 10,0...40,0 %. Додавання понад 40,0 % гліцерину призводить до зниження міцності гелю. Також встановлено, що система на основі фуцелларану характеризується значно меншими показниками міцності гелю в порівнянні зі зразками на основі агару, каппа-карагінану та желатину.

Отримані результати мають практичне значення для розрахунку та встановлення діапазону концентрацій структуроутворювача та зв'язуючого компоненту в рецептурі у процесі виробництва батончиків шоколадних на основі, досліджених в роботі, гелеутворювачів.

У подальшому для розроблення технологічного процесу виробництва батончиків шоколадних необхідно провести дослідження температури плавлення гелів на основі агару з додаванням гліцерину.

Література

1. Камбулова Ю.В., Матяс Д.С., Маліновський В.В. Реологічні показники мармеладних мас на агарі і каррагінані з різновидами цукрів. Технології харчових продуктів і комбікормів: матеріали міжнародної наук.-практ. конф. Одеса, 2017. С. 24-26.
2. Zhan J., Wang H., Zheng H., Xie J., Wang X. Agar gel strength: Analysis of Influencing Factors on Viscosity of Agar Solution for Capsules. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1653. P. 012059.
3. Bertasa M., Dodero A., Alloisio M., Vicini S., Riedo C., Sansonetti A., Scalarone D., Castellano M. (2020), "Agar gel strength: A correlation study between chemical composition and rheological properties", *European Polymer Journal*, Vol 123.
4. Damian Frank, Graham T. Eyres, Udayasika Piyasiri, Maeva Cochet-Broch, Conor M. Delahunty, Leif Lundin, and Ingrid M. (2015), "Effects of Agar Gel Strength and Fat on Oral Breakdown, Volatile

Release, and Sensory Perception Using in Vivo and in Vitro Systems”, *Appelqvist Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 63 (41), 9093-9102.

5. Jian Sun, Fazheng Ren, Yuanyuan Chang, Pengjie Wang, Yuan Li, Hao Zhang, Jie Luo, (2018), “Formation and structural properties of acid-induced casein–agar double networks: Role of gelation sequence”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 85, P. 291-298.

6. Suthasinee Yarnpakdee Soottawat Benjakul Passakorn Kingwascharapong, (2015), “Physico-chemical and gel properties of agar from *Gracilaria tenuistipitata* from the lake of Songkhla, Thailand”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 51, P. 217-226.

7. Губский С. М., Музыка Я.И., Фощан А. Л., Евлаш В. В., Калугін О. Н. Реологічні властивості водних розчинів агару та желатину для желейних виробів. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Хімія, 2018. Вип. 31. с. 64-78.

8. Горальчук А. Б., Троций Т. В., Сабадош Г. О., Дослідження впливу технологічних чинників на міцність гелів капа-карагану. Оборудование и технологии пищевых производств. Тематический сборник научных трудов. 2012. № 29 (1). с. 264.

9. Гурський П. В., Бідюк Д.О., Перцевой Ф.В., Дослідження впливу агару на реологічні характеристики паст закусочних. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр./відпов. ред. О.І.Черевко. Харків: ХДУХТ, 2009. Вип. 2 (10). с. 63-69.

10. Овсянникова Л. Г., Перцевой Ф. В., Бідюк Д. О. Вивчення міцності змішаних гелів на основі агару. Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукр. наук.- практ. конф. молодих учених і студентів (7 квітня 2016 р.) : [тези у 2-х ч.]. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. с. 34.

11. Дорохович А. М., Мурзін А. В., Клепиков І. Л. Тиксотропія кондитерських агарових гелів. Хлебный и кондитерский бизнес. 2014. № 6 (19). с. 34-37.

References

1. Kambulova Yu.V., Matias D.S., Malinovskyi V.V. (2017). Reolohichni pokaznyky marmeladnykh mas na ahari i karrahinani z riznovydamy tsukriv. [Rheological indicators of marmalade masses on agar and carrageenan with various types of sugars]. Odesa: Tekhnolohii kharchovykh produktiv i kombikormiv: materialy mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. [in Ukrainian].

2. Zhan J., Wang H., Zheng H., Xie J., Wang X. Agar gel strength: Analysis of Influencing Factors on Viscosity of Agar Solution for Capsules. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1653. P. 012059.

3. Bertasa M., Doderio A., Alloisio M., Vicini S., Riedo C., Sansonetti A., Scalarone D., Castellano M. (2020), “Agar gel strength: A correlation study between chemical composition and rheological properties”, *European Polymer Journal*, Vol 123.

4. Damian Frank, Graham T. Eyres, Udayasika Piyasiri, Maeva Cochet-Broch, Conor M. Delahunty, Leif Lundin, and Ingrid M. (2015), “Effects of Agar Gel Strength and Fat on Oral Breakdown, Volatile Release, and Sensory Perception Using in Vivo and in Vitro Systems”, *Appelqvist Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 63 (41), 9093-9102.

5. Jian Sun, Fazheng Ren, Yuanyuan Chang, Pengjie Wang, Yuan Li, Hao Zhang, Jie Luo, (2018), “Formation and structural properties of acid-induced casein–agar double networks: Role of gelation sequence”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 85, P. 291-298.

6. Suthasinee Yarnpakdee Soottawat Benjakul Passakorn Kingwascharapong, (2015), “Physico-chemical and gel properties of agar from *Gracilaria tenuistipitata* from the lake of Songkhla, Thailand”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 51, P. 217-226/

7. Hubskeyi S. M., Muzyka Ya.I., Foshchan A. L., Yevlash V. V., Kaluhin O. N. (2018). Reolohichni vlastyvoli vodnykh rozchyniv aharu ta zhelatynu dlia zheleinykh vyrobiv. [Rheological properties of aqueous solutions of agar and gelatin for jelly products]. Kharkiv: Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya : Khimiia. №. 31 [in Ukrainian].

8. Horalchuk A. B., Troshchyi T. V., Sabadosh H. O. (2012). Doslidzhennia vplyvu tekhnolohichnykh chynnykivna mitsnist heliv kapa-karahinanu. [Study of the influence of technological factors on the strength of kappa-carrageenan gels.]. Donetsk: Oborudovanie i tehnologii pishevyykh proizvodstv. Tematicheskyy sbornik nauchnykh trudov. № 29 (1) [in Ukrainian].

9. Hurskyi P. V., Bidiuk D.O., Pertsevoi F.V. (2009). Doslidzhennia vplyvu aharu na reolohichni kharakterystyky past zakusochnykh. [Study of the influence of agar on the rheological characteristics of snack food pastes]. Kharkiv: Prohresyvnii tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. pr. №. 2 (10) [in Ukrainian].

10. Ovsiannikova L. H., Pertsevoi F. V., Bidiuk D. O. (2016). Vyvchennia mitsnosti zmishanykh heliv na osnovi aharu. [Study of strength of mixed gels based on agar]. Kharkiv: Innovatsiini tekhnolohii rozvytku u sferi kharchovykh vyrobnytstv, hotelno-restorannoho biznesu, ekonomiky ta pidpriemnytstva. Ch. 1. [in Ukrainian].

11. Dorokhovych A. M., Murzin A. V., Klepikov I. L. (2014). Tyksotropiia kondyterskykh aharovykh heliv [Thixotropy of confectionery agar gels]. Hlebnyiy i konditerskiy biznes. 2014. № 6 (19). s. 34-37. [in Ukrainian].