

УДК 637.141.8

## АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ МОЛОЧНИХ ДЕСЕРТІВ

Горальчук А.Б., к.т.н.,

Трощій Т.В., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Сабадош Г.О., к.т.н.,

*Ужгородський комерційний технікум*

Тел. (057)349-45-55

**Анотація** – дана робота присвячена аналітичному обґрунтуванню розробки молочних десертів та дослідженню впливу технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів з використанням карагінанів.

**Ключові слова** – десертна продукція, молочна десертна продукція, гетерогенна структура, гелеподібна структура, структурно-механічні властивості, гелі, капа-карагінан, температура плавлення гелів.

*Постановка проблеми.* Аналіз ринку десертної молочної продукції показав, що даний сегмент характеризується достатньо вузьким асортиментом продукції з гетерогенною структурою.

Асортимент формується продукцією, що випускається підприємствами молокопереробного комплексу, які в ході технологічного процесу виготовляють обмежену кількість продукції з гелеподібною структурою. Наявна продукція не задовольняє попит споживачів та диктує необхідність розширення асортименту продукції з гелеподібною структурою, що характеризується високим попитом у споживачів.

*Аналіз останніх досліджень.* Теоретичні й практичні основи створення молочної десертної продукції з гелеподібною структурою та дослідження впливу технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів з використанням карагінанів закладено у працях Н.Н. Ліпатова, А.Г. Храмцова, П.Г. Нестеренка, О.П. Чагаровського, Г.В. Дейниченка та ін.

*Формування цілей статті.* На основі аналітичних досліджень нами планується розробка технології молочної десертної продукції з желеподібною структурою та заданими властивостями.

Інноваційний задум продукту з гелеподібною структурою наведено в таблиці 1.

*Основна частина.* З врахуванням аналітичних досліджень та інноваційного задуму продукції нами визначено інноваційну стратегію розробки нової продукції.

Таблиця 1 – Інноваційний задум продукту з гелеподібною структурою

Наукові інновації		
Завдання	Умови	Шляхи реалізації
1	2	3
Обґрунтувати вид структуро-утворювача	Обґрунтовується з врахуванням органолептичних показників десерту та можливості взаємодії з складовими молока та рецептурними компонентами, залучаючи їх у процес гелеутворення	Реалізація хімічного потенціалу карагінанів до гелеутворення та взаємодії з складовими молока
Обґрунтувати процес гелеутворення	Температурний фазовий перехід з одночасним локальним іонним обміном з утворенням змішаного термо- та іотропного гелю	Забезпечення термотропного гелеутворення з одночасним утворенням хелатних комплексів
Забезпечити гелеутворення за умов фазової стабільності	Забезпечення умов утворення гелеподібної системи без втрат водної фази	Використання вологоутримуючих агентів (гідроколоїдів)
Технологічні інновації		
Обґрунтувати рецептурний склад	Визначити вміст: – білків, карагану та кальцію, що сприяє утворенню хелатних комплексів;	Визначити раціональні співвідношення молока, карагану, гідроколоїдів, жиру, що забезпечують необхідні структурно-механічні властивості та органолептичні показники.

Продовження таблиці 1

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– гідроколоїдів, що сприяють синергетичному збільшенню міцності гелів та зменшенню синерезису;</li> <li>– наповнювачів, що формують асортимент.</li> </ul> Забезпечити умови: <ul style="list-style-type: none"> <li>– цукристих речовин не більше 15%;</li> <li>– жиру не більше 10%;</li> <li>– температура плавлення гелю не нижче 30°C</li> <li>– мікробіологічної стійкості.</li> </ul>	Підвищення температури плавлення гелів можливо досягнення шляхом введення гідроколоїдів. Використання консервантів та термообробки рецептурної суміші для забезпечення мікробіологічної стійкості.
Обґрунтувати технологічні параметри	Забезпечити умови: <ul style="list-style-type: none"> <li>– розчинення полісахаридів в молоці;</li> <li>– емульгування жиру;</li> <li>– утворення гелю;</li> <li>– стабільності структурно-механічних показників у процесі зберігання.</li> </ul>	Визначити температуру та тривалість, необхідну для розчинення полісахаридів, емульгування жиру, утворення гелю

За основу інноваційної стратегії покладено принцип реалізації взаємодії компонентів молочної сировини та гелеутворювача, а також обґрунтованого використання виду гелеутворювача залежно від структури десертної продукції.

Головною і необхідною умовою отримання гелеподібних десертів є застосування гелеутворювачів, серед яких традиційно використовуються полісахариди (агар, крохмаль) та білки (желатин). При цьому важливими науковими та практичними проблемами при отриманні гелеподібних систем є формування заданих структурно-механічних властивостей гелів, які визначають органолептичні показники десертів та забезпечення термодинамічної сумісності рецептурних компонентів у продукті, що визначає текстурну однорідність продукту, параметри технологічного процесу та терміни зберігання.

При використанні молока як рідкої основи продукту визначальним технологічним чинником є його склад, а саме, одночасна наявність різних за розчинністю та властивостями білків, солей, кислот, жирів.

Властивості молока та його складових здатні до суттєвих змін залежно від рН і можуть здійснювати вплив на стабільність системи, що необхідно враховувати в технологічному процесі.

Вірогідно, вибір структуроутворювача може базуватися на двох принципах. По-перше, структуроутворювач не повинен за різних умов змінювати свої функціональні властивості внаслідок зміни хімічного та колоїдного стану молока. Цей принцип використовується лише за умови, коли структуроутворювач є хімічно індиферентним колоїдно стабільним і не реагує на концентраційну присутність складових молока. За іншого підходу, структуроутворювач залежить від властивостей складових молока та залучає їх до процесу структуроутворення до синергетичної взаємодії, забезпечуючи тим самим необхідні структурно-механічні, органолептичні показники продукції та стабільність під час зберігання. Вірогідно, другий шлях для створення десертної продукції на основі молока гелеподібної структури є більш перспективним, але потребує детального вибору структуроутворювачів з відповідними властивостями.

З огляду на технологічні властивості молочних продуктів найбільш перспективним є використання різних карагінанів, хімічні властивості яких чутливі до змін властивостей молока. Їх ефективне використання пов'язане з врахуванням, перш за все, термодинамічної сумісності з білками молока, оскільки система «білок-полісахарид» у спільному розчиннику схильна до рідкофазного розшарування з переважним концентруванням макромолекулярних компонентів у різних фазах, що відбувається за певних умов (концентрації, іонної сили розчину, рН середовища). Виходячи з того, що карагінани є сульфатованими полісахаридами, двофазні рідкі системи можуть утворитися в умовах (рН, іонна сила розчину), що забезпечують відсутність взаємодії різнотипних і сприятливих асоціацій однотипних макромолекул. Для них розшарування системи спостерігається лише за іонної сили вище 0,5 незалежно від величини рН. В умовах обмеження комплексоутворення між білками й полісахаридами основним фактором, що знижує їхню сумісність, стає самоасоціація макромолекулярних компонентів, яка може бути викликана підвищенням температури, віддаленням рН від ізоелектричної точки (ІЕТ) білка й протонування карбоксильних груп білка. На взаємодію білків молока з карагінанами можуть впливати також і інші полісахариди, які можуть бути введені в систему додатково для формування необхідних текстурних характеристик продукту. Комплексоутворення «білок-полісахарид» важливе для одержання гелеподібної десертної продукції, комплекси будуть визначати параметри технологічного процесу та стабільність продукції у часі [1, 3].

Інформація про термодинамічну сумісність та процеси розшарування «білок-полісахаридних» систем недостатня для обґрунтування умов отримання гелеподібних дисперсних систем. Зокрема, важливою характеристикою є властивості гелеувороючого полісахариду – умов, необхідних для гелеутворення, стійкість до синерезису, чинників, що впливають на синерезис.

Реалізація функціональних властивостей карагінанів у молочних десертах включає водозв'язуючу здатність, стабілізацію емульсій і пін, регулювання в'язкості, утворення стійких гелів за температури нижче 50...55°C. Хоча карагінани не є поверхнево-активними речовинами, вони здатні стабілізувати дисперсні системи типу емульсій і пін завдяки підвищенню в'язкості та тиксотропним властивостям, зокрема, йота-карагінан. Зміна в'язкості рідкої дисперсної системи в присутності карагінанів сприяє не тільки стабілізації, але й формуванню певної консистенції.

Серед номенклатури карагінанів за хімічною структурою для створення гелеподібної продукції перспективним є капа-карагінан, який утворює міцні гелі. Для отримання гелеподібної молочної десертної продукції на основі капа-карагінану можливе утворення гелю у присутності іонів калію, але з вираженим синерезисом. Цілком очевидно, що проблему синерезису неможливо вирішити лише за рахунок концентраційної присутності капа-карагінану, що обумовлено особливостями процесів гелеутворення систем на його основі. Тому зростання у системі частки зв'язаної вологи може бути вирішено введенням третьої речовини. Одним із шляхів зменшення синерезису та надання тиксотропних властивостей таким системам, ймовірно, є введення інших полісахаридів. У таких випадках можливе введення йота-карагінану, гелі яких проявляють високі тиксотропні властивості без синерезису або інших полісахаридів.

Для одержання гелю у розчині йота-карагінану необхідна присутність іонів кальцію, що утворюють зв'язок між окремими молекулами біополімеру з формуванням спіралі, такі гелі еластичні та не схильні до синерезису, вираженими тиксотропними властивостями. У молочних системах карагінани здатні до комплексоутворення з білками молока. Істотну роль у цьому процесі відіграють іони кальцію. Негативні заряди, позв'язані з наявністю двох сульфатних груп у дисахаридних блоках йота-карагінанів, не дозволяють спіралям цих карагінанів агрегувати з тим же ступенем, що й у капа-карагінанах, що вимагає введення в системи з капа-карагінаном гідроколоїдів, які модифікують просторову сітку гелю [2].

За цих умов зрозуміло, що вибір карагінанів повинен бути обґрунтованим з точки зору хімічного складу харчової системи та особливостей технологічного процесу одержання продукції. Особливо

це відноситься до молочної сировини, де за загального постійного складу стан її компонентів змінюється за різних технологічних чинників. Основне функціональне призначення карагінану – здатність до комплексоутворення з білками, що проявляється синергетичним збільшенням міцності гелів, та здійснюється за рахунок іонної взаємодії сульфатних груп карагінану із зарядженими групами білка. Реакція залежить від співвідношення заряду та мас білок:карагінан й ІЕТ білка.

Наявність негативно заряджених сульфатних груп у молекулах карагінанів обумовлює їх здатність до комплексоутворення з казеїновими міцелами молока, які мають у периферійних (зовнішніх) зонах високу концентрацію позитивних зарядів, що призводить до збільшення міцності гелю. Така взаємодія можлива за значень рН нижче ІЕТ білка, за яких на поверхні міцел переважають позитивні заряди. Для систем, рН яких вище ІЕТ білка, комплексоутворення малоімовірне та, як правило, переважають процеси термодинамічної несумісності. Нами передбачається, що утворення комплексів за цих умов можливе за наявності іонів кальцію, до яких чутливі карагінан та білок. Це дасть можливість одержати комплекси за умов їх термодинамічної несумісності. З огляду на здатність карагінанів до взаємодії з білками та іонами кальцію, що сприяє синергетичному підвищенню в'язкості систем, перспективним є їх використання у виробництві молочної продукції з гелеподібною структурою.

Використання відповідного виду карагінану у виробництві гелеподібної продукції на основі молочної сировини визначається концентрацією білків та іонів кальцію. Так, йота-карагінан утворює гелі з іонами кальцію, вміст якого в молоці коливається у межах 100...140 мг%, але лише близько 30...40% його знаходиться у розчинному стані, тобто, реакційноздатному за певних значень рН, а решта зв'язана з казеїном або знаходиться у колоїдному стані у вигляді нерозчинних солей. Розчинна форма кальцію, ймовірно, може приймати участь у комплексоутворенні між карагінаном та білками та сприяти підвищенню міцності гелю. У випадку з капа-карагінаном іони кальцію, ймовірно, можуть визначати величину синерезису та міцність гелів. На основі того, що капа-карагінан здатний утворювати комплекси з білками молока, залучаючи їх до гелеутворення та утворюючи при цьому міцні гелі з вираженим синерезисом. Це визначає необхідність введення полісахаридів як стабілізаторів системи. Для одержання піноподібної продукції перспективним є використання йота-карагінану, який утворює еластичні, м'які, тиксотропні гелі на відміну від капа-карагінану. Тому, ймовірно, для формування необхідних текстурних властивостей систем з використанням йота-карагінану необхідним є введення загусників.

Для обґрунтування технології десертів на основі молочної сировини з використанням карагінанів необхідно провести комплекс експериментальних досліджень:

- визначити закономірності зв'язування іонів кальцію карагінаном;
- визначити умови утворення білок-полісахаридних комплексів;
- вивчити вплив технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів з використанням карагінанів;
- визначити умови зменшення синерезису гелів на основі капа-карагінанів;
- вивчити вплив карагінанів на міжфазні властивості білків молока;
- науково обґрунтувати технологічний процес виробництва гелеподібної десертної молочної продукції.

З інноваційної характеристики продукту (таблиця 1) стає очевидно, що температура плавлення гелеподібної продукції повинна знаходитися у межах температур 30...60°C. Відомо, що температура плавлення гелеподібних систем напряму залежить від виду гелеутворювача, його стану та концентрації у системі. З іншого боку, температура фазового переходу «рідина – гель» має практичне значення, оскільки визначає параметри технологічного процесу, особливо порціонування та фасування, умови та терміни зберігання.

Встановлено, що температура плавлення гелів залежить від концентрації капа-карагінану (рис. 1). Видно, що температура плавлення гелю за концентрації 0,3% складає  $43,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , за збільшення концентрації до 1% температура плавлення збільшується до  $57,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

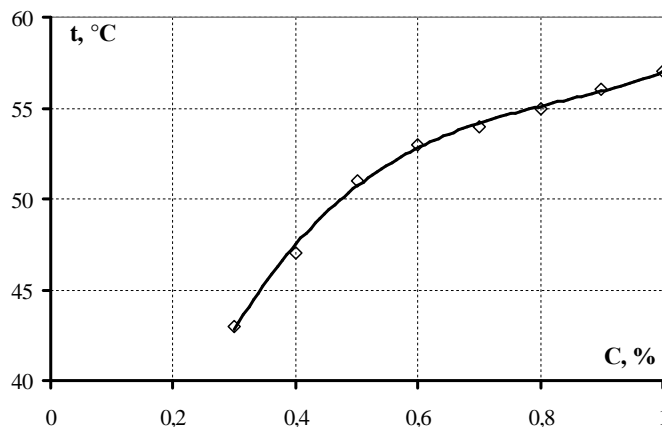


Рис. 1. Залежність температури плавлення гелів від концентрації капа-карагінану.

Аналіз характеру кривої та абсолютних значень свідчить, що збільшення концентрації капа-карагінану в системі сприяє наростанню кількості міжмолекулярних зв'язків, найбільш, ймовірно, водневих. Не зважаючи на невелику енергію водневого зв'язку (20 кДж/моль), зростання концентрації гелеутворюючої речовини сприяє суттєвому зростанню температури плавлення, що проявляється як ущільнення сітки гелю. Видно (рис. 1), що зростання температури плавлення має виражений концентраційний характер, що дозволяє корегувати температуру плавлення за досліджених концентрацій в межах 12°C. Зрозуміло, що зростання температури плавлення гелів за рахунок зростання концентрації гелеутворюючої речовини впливає на органолептичні показники кінцевого продукту. Тому, за доцільністю технологічного процесу, в харчову систему вводять додаткову речовину, яка може виконувати роль пластифікатора структури або спорідненого гелеутворювача. Особливістю гелеутворення капа-карагінану є виражений синерезис гелів. Нами для запобігання цього явища прийнято рішення до складу технологічної системи вводити камеді, зокрема камедь ріжкового дерева (КРД).

На рис. 2 наведено залежність впливу КРД (0,1...1,0%) на температуру плавлення модельних гелів капа-карагінану (0,4...1,0%).

Встановлено, що введення КРД сприяє підвищенню температури плавлення гелів. Видно, що залежність температури плавлення гелів від концентрації КРД за всіх досліджуваних концентрацій капа-карагінану носить екстремальний характер.

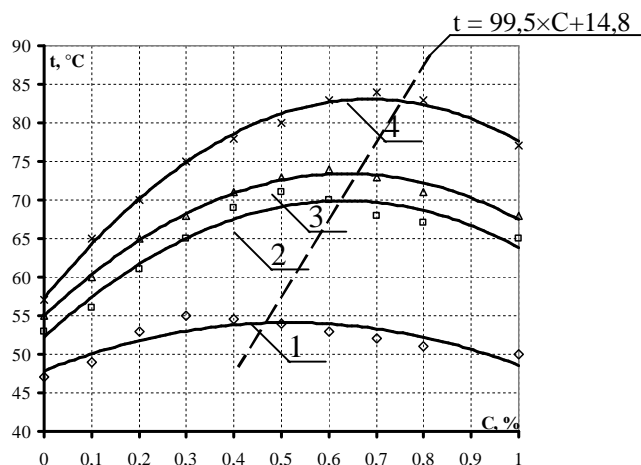


Рис. 2. Залежність температури плавлення гелів від концентрації КРД за концентрації капа-карагінану: 1, 2, 3, 4 – 0,4; 0,6; 0,8; 1,0% відповідно.

За концентрації капа-карагінану 0,4% максимальна температура плавлення спостерігається за концентрації КРД 0,3...0,4% та становить 54...55°C, за концентрації капа-карагінану 0,6%, 0,8, 1,0%



максимальна температура плавлення становить  $71,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ,  $74,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ,  $84,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  відповідно. Наявність екстремумів (що описується рівнянням  $t = 99,5 \times C + 14,8$ , де  $C$  – концентрація КРД) свідчить про зростання взаємодії «капа-карагінан-КРД» за певних концентрацій та концентраційний антагонізм компонентів. При цьому слід відмітити, що температура плавлення залежить від співвідношення гідроколідів, ймовірно, максимумами відповідають найбільшій кількості міжмолекулярних зв'язків.

*Висновки.* Таким чином, висунута наукова гіпотеза підтверджується результатами експериментальних досліджень щодо актуальності та раціональності розробки та впровадження технології молочних десертів гелеподібної структури, в основі якої лежить принцип використання складових молока в механізмі гелеутворення.

#### Література:

1. *Кравченко Э. Ф.* Состав и некоторые функциональные свойства белков молока / Э. Ф. Кравченко, Ю. Я. Свириденко, Н. В. Плисов // Молочная промышленность. – 2005. – № 11. – С. 42–44.
2. *Ребиндер П. А.* Физико-химическая механика дисперсных структур / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1966. – 284 с.
3. Комплексообразование в системе легумин кормовых бобов – хитозан-хлорид натрия / И. Г. Плащина [и др] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – № 4. – С. 50 – 51.

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МОЛОЧНЫХ ДЕСЕРТОВ

Горальчук А.Б., Троший Т.В., Сабадощ А.А.

**Аннотация** – данная работа посвящена аналитическому обоснованию разработки молочных десертов и исследованию влияния технологических факторов на структурно-механические свойства гелей с использованием карагинанов.

## ANALYTICAL JUSTIFICATION OF DEVELOPMENT DAIRY DESSERTS

A. Goralchuk, T. Troschiyi, G. Sabadosh

### *Summary*

**The summary** – given the work is devoted to analytical justification of development of dairy desserts and research of influence of technology factors on structural and mechanical properties of gels by use karrageenans.