

14. Ганина В. И. Кисломолочный синбиотический напиток / В. И. Ганина, Л. В. Калинина, Е. Н. Терешина [и др.] // Молочная пром-сть. — 2008. — № 10. — С. 85.
15. Пирог Т. П. Загальна мікробіологія : [підручник] / Тетяна Павлівна Пирог. — К. : НУХТ, 2004. — 471с.

УДК 641.8-035.575.6

Î ěáı à ÑĚÄÎ ĐÁÍ ÊÎ ,
Đà¿ñà Î Î ÑÊÀĚĚ Ê

ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОКОЛОЇДІВ У ВИРОБНИЦТВІ РИБНИХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ

Одним із основних факторів, який впливає на стан здоров'я людини, є харчування. Збалансований за основними харчовими речовинами раціон забезпечує нормальну життєдіяльність організму, створює необхідні умови для адекватної адаптації до навколишнього середовища, сприяє профілактиці захворювань, збільшенню тривалості життя, підвищенню працездатності людини.

Риба та рибні продукти займають важливе місце в структурі харчування і здатні підтримувати повноцінний обмін речовин в організмі людини. Це зумовлено їхніми високими споживними властивостями, харчовою та біологічною цінністю за рахунок вмісту макро- й мікроелементів, біологічно повноцінного білка, ненасичених жирних кислот, вітамінів.

Зростання попиту на максимально підготовлені до споживання продукти сприяло розвитку та розширенню асортименту рибних кулінарних виробів в Україні, основна сировина для виробництва яких імпортного походження [1]. Ось чому пріоритетним стає виготовлення заморожених заливних продуктів на основі прісноводної риби з використанням стабілізаторів консистенції природного походження, біологічно цінної рослинної сировини та морських водоростей.

Традиційний желеутворюючий компонент для виробництва заливної риби – желатин, який не стійкий до процесу заморожування, а заливка на його основі – сприятливе середовище для розвитку патогенної мікрофлори. Саме тому істотним недоліком такої заливної риби

є короткий термін її зберігання – 12–18 год, що визначає необхідність її заморожування для збереження високого рівня споживних властивостей. Продукція традиційної заморозки, тобто без стабілізації консистенції, зазнає глибоких фізико-хімічних і біохімічних змін, що негативно впливає на харчову, біологічну цінність і зовнішній вигляд продукту [2].

У результаті розморожування желе можливе явище синерезису – зменшення об'єму гелю з виділенням води. Причина полягає у невеликій кількості зв'язків між елементами структури під час гелеутворення, що не відповідає її ущільненій консистенції. При перегрупуванні частин, зумовлених їхнім тепловим рухом, число зв'язків збільшується, що призводить до стиснення гелю та витіснення з нього дисперсійного середовища [3]. Отже, доцільним є створення стійких до процесів заморожування – розморожування стабілізаційних систем на основі ефекту синергізму, викликаного взаємодією гідроколоїдів природного походження.

Питанням вивчення функціонально-технологічних властивостей гідроколоїдів і застосування їх у м'ясній, кондитерській, молочній та рибній промисловості останнім часом приділяють увагу вчені багатьох країн, про що свідчать численні публікації в наукових виданнях і проведений патентний пошук. Зокрема, у працях В. Д. Богданова, С. В. Рогожина, П. П. Пивоварова, О. О. Грінченка, І. В. Данкбарас, Й. Шимітсу, В. Сінді висвітлено наукові та практичні аспекти виробництва рибної продукції із застосуванням структуроутворювачів [4; 5; 6].

Мета досліджень – обґрунтування та розробка ефективних стабілізаційних систем із заданими структурно-механічними властивостями для замороженої заливної прісноводної риби на основі гідроколоїдів рослинного та мікробного походження.

Предмет дослідження – фізіологічні та технологічні властивості дослідних гідроколоїдів.

Об'єкт дослідження – гідроколоїди рослинного та мікробного походження, а також стабілізаційні системи на їхній основі.

Гідроколоїди – це полісахариди, які містять значну кількість гідроксильних груп і можуть бути поліелектролітами, володіють здатністю зв'язувати воду в кількостях, що значно перевищує їхню власну масу, надаючи готовому продукту необхідні структурно-механічні властивості [7].

На відміну від більшості харчових добавок, гідроколоїди є фізіологічно функціональними інгредієнтами, які забезпечують нормальну роботу кишечника, знижують рівень холестерину, контролюють рівень цукру в крові, проявляють пребіотичний ефект й інші позитивні для здоров'я людини властивості. Вони адсорбують значну кількість жовчних кислот, а також інші метаболіти, токсини та електроліти, що сприяє детоксикації організму [8].

Натуральні харчові стабілізатори складаються з об'ємних полімерних макромолекул і мають значну спорідненість із водою, внаслідок чого проходить їхня гідратація та набухання, що забезпечує унікальну вологозатримувальну здатність і формування термостабільних гелів.

Вивченню механізму формування структури гелів присвячені роботи П. А. Ребіндера, В. Н. Ізмайлової, В. Б. Толстогузової, В. С. Баранової, Ю. Г. Базарнової та інших. При досягненні визначеної концентрації молекули полімерів здатні до міжмолекулярної взаємодії, утворюючи при цьому сітчасті структури, що формують гелі. Останні є дисперсними системами, які складаються із дисперсної фази, розподіленої в дисперсному середовищі. Дисперсною фазою є гелеутворювач, полімерні зв'язки якого утворюють структуру у вигляді поперечнозв'язаної сітки. Вільний простір структурного каркасу заповнюється дисперсним середовищем. Вода в такій системі внаслідок міжмолекулярної взаємодії втрачає рухомість і застигає із дисперсною фазою суцільною масою та без видимого розподілу двох фаз [4; 9].

Стрімкий розвиток харчових виробництв зумовив новітні технології стабілізації якості харчових продуктів, а гідроколоїди, які з'явилися у 1950–1960 рр., завдяки своїм функціональним та економічним характеристикам витіснили такий традиційний стабілізатор для переважної кількості харчових продуктів, як желатин [9].

До функціонально-технологічних властивостей натуральних харчових гідроколоїдних стабілізаторів відносяться:

- здатність до гелеутворення;
- зниження ризику виникнення синерезису;
- поліпшення органолептичних властивостей та харчової цінності продукту;
- збільшення виходу готової продукції за рахунок зниження втрат при тепловій обробці;
- підвищення вологозатримувальної здатності продукту;
- продовження терміну зберігання;
- зниження собівартості готової продукції [9].

Широкого розповсюдження набули такі гідроколоїди: альгінати, карагенани, камеді гуарова, ксантанова, дерева тари та ріжкового.

Серед усіх полісахаридів, які отримують із морських водоростей, найбільша частка припадає на альгінати – натрієві, калієві, кальцієві солі альгінової кислоти, що екстрагуються із бурих водоростей.

Поширений у харчовій промисловості карагенан отримують переробкою червоних водоростей класу *Rhodophyceae*, які ростуть практично по всій акваторії Світового океану, але найбільш якісна сировина видобувається у прибережних водах Філіппінських островів, Індонезії, а також на узбережжі Чілі, США, Франції та Канади [10].

За хімічною номенклатурою карагенан – гідроколоїд, побудований переважно із складних калієвих, натрієвих, магнієвих і кальцієвих сульфатних ефірів галактози, а також із сополімерів 3,6-ангідрогалактози, чим і зумовлено його гелеутворювальні властивості. На структурні варіації карагенану впливає біологічна фаза росту водоростей, час збирання, місце та глибина проростання.

У процесі переробки водоростей отримують декілька видів карагенанів: κ - (каппа), ι - (йота), λ - (лямбда), які відрізняються хімічним складом, розчинністю, стійкістю гелю до хімічного та фізичного впливу (рис. 1).

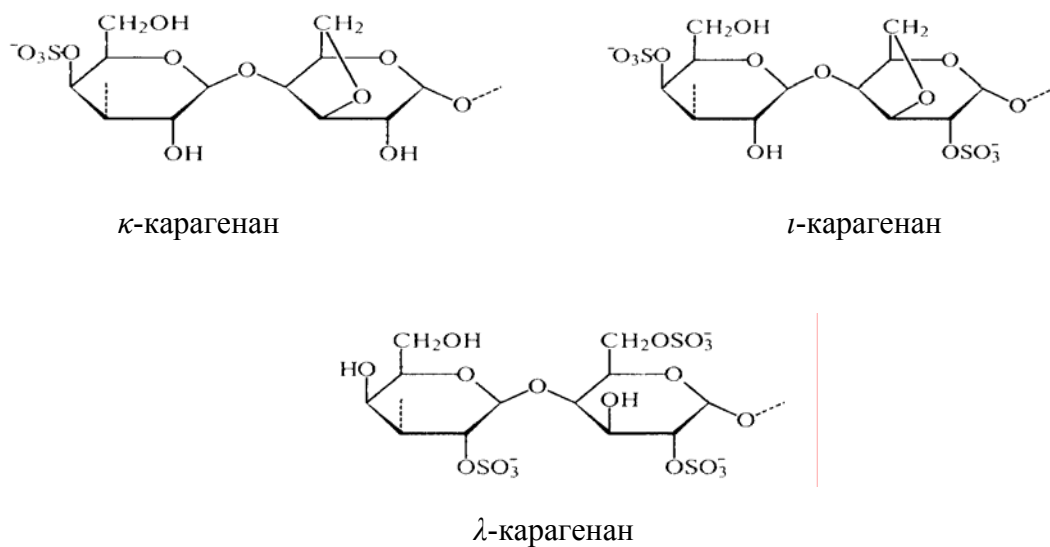


Рис. 1. Структурні формули карагенанів

Розчинність карагенанів у воді залежить від їхнього фракційного складу та температури. У двох вуглеводних ланках λ -карагенану міститься три складні сульфатні ефіри (35 %), що зумовлює його найбільшу гідрофільність і розчинність при кімнатній температурі. Один сульфатний ефір (25 %), розміщений в циклі галактопіранози в положенні 4 κ -карагенану, характеризує його нижчу гідрофільність і розчинність при підвищених температурах, але він здатний утворювати міцні термооборотні гелі. Проміжне положення з двома сульфатними ефірами (32 %) у двох вуглеводних ланках займає ι -карагенан.

Гелеутворення у різних типів карагенанів неоднакова й залежить також від функціонального складу. Макромолекули κ - та ι -карагенанів, які розчиняються при високих температурах, під час охолодження утворюють зони з'єднання, характерні для структурної сітки гелю, що зумовлено властивостями гелеутворювачів. У присутності іонів калію κ -карагенан зв'язує воду й утворює міцний гель, а ι - і λ -карагенани в цих умовах проявляють лише незначну реакцію. Для виникнення гелів ι -карагенану необхідні іони кальцію, які утворюють

зв'язки між окремими молекулами біополімеру із формуванням спіралі. Від'ємні заряди, пов'язані з наявністю двох сульфатних груп у дисахаридних блоках λ -карагенанів, не дають можливості їхнім спіралям агрегувати з тією ж ступінню, що і в κ -карагенанах. У зв'язку з цим λ -карагенан утворює еластичні гелі, не схильні до синерезису й стійкі в умовах заморожування та розморожування.

Молекули λ -карагенану є більш високосульфатованими, що робить виникнення гелевої структури менш вірогідним, оскільки сульфатні ефіри не сполучаються з іонами калію з утворенням спіралей через іонізацію сульфатних груп навіть у кислому середовищі. У цих умовах полімерні молекули зберігають довільний розподіл і утворюють в'язкі розчини при охолодженні [11, с. 395–396].

Карагенани здатні взаємодіяти з такими зарядженими макромолекулами, як білки м'язових волокон, камеді ксантанової, гуарової та ріжкового дерева, при цьому викликаючи різні ефекти, наприклад, підвищення в'язкості, гелеутворення, стабілізацію, осадження. Така особливість карагенанів успішно використовується для моделювання властивостей кінцевого продукту.

Основні переваги застосування харчових стабілізаторів такого типу – простота, здатність попереджувати виникнення великих кристалів льоду в процесі заморожування, міцно зв'язувати вологу та утримувати її після термообробки й розморожування, утворювати терморверсивні гелі в широкому діапазоні рН із низьким вмістом сухих речовин.

Ксантанова камедь (КК) залишається одним із ефективних і універсальних модифікаторів і стабілізаторів, що є на ринку гідроколоїдів. За хімічною природою ксантанова камедь – полісахарид, який отримують шляхом ферментації з використанням бактерії *Xanthomonas campestris*. Виробництво ксантану засноване на аеробному бродінні у водному розчині вуглеводів, після чого середовище пастеризують і осаджують спиртом або очищують методом мікрофільтрації. Властивості камеді регулюють, змінюючи умови життєдіяльності бактерій.

Основний ланцюг полімеру (кор) ксантану ідентичний молекулі целюлози (1-4- β -глікопіраноза). Розгалуження кора – трисахарид, що складається з β -D-манози, β -D-глюкуронової кислоти й α -D-манози. Залишки глюкуронової кислоти та кислотні пірвіноградні групи надають молекулам ксантану аніонний характер і визначають в'язкість його розчинів.

Застосування камеді ксантанової в харчовому виробництві зумовлено її унікальними фізико-хімічними властивостями:

- високою в'язкістю при низькій концентрації та швидкості зсуву;
- стійкістю до впливу ферментів, солей, кислот (за винятком соляної), основ, високих (до 120 °C) і низьких (до –18 °C) температур, змін іонної сили;

- стабільно високою в'язкістю в широкому діапазоні рН: від 2-х до 12-ти;
- синергічною взаємодією з більшістю гідроколоїдів;
- високою адсорбцією з утворенням трьохмірної сітки із подвійних спіралей за структурою, близькою до гелю;
- розчинністю у холодній та гарячій воді;
- псевдопластичністю (при збільшенні зсувного зусилля різко знижується в'язкість, після зняття зусилля початкова в'язкість відновлюється майже миттєво) та модулем пружності.

Ураховуючи зазначені вище властивості, необхідно відмітити, що ксантан має практичне використання у всіх харчових продуктах [12].

Перспективними у застосуванні є також галактоманани – гетерополісахариди, які належать до групи розчинних харчових волокон і є важливою складовою здорового харчування людини, оскільки позитивно впливають на процеси травлення та володіють радіопротекторними властивостями. Найпоширеніші – це камеді гуару (КГ), дерева тари (КДТ) та ріжкового дерева (КРД).

Камедь гуару отримують шляхом екстракції із зерен стручкової рослини *Cyamopsis tetragonolba*, яку вирощують в Індії, Пакистані та США. Полімерні молекули гуарової камеді мають високу ступінь заміщення – одна молекула галактози на кожні два блоки манози, що свідчить про її високу розчинність навіть у холодній воді, стійкість у процесах заморожування та дефростації.

Камедь ріжкового дерева складається із полісахариду галактоманану з нижчою ступінню заміщення – одна галактоза на чотири блоки манози, тобто для повного розчинення та гідратації їй потрібна висока температура – від 60 °С (рис. 2).

Процес гідратації камеді є тривалим, прискорюється нагріванням і перемішуванням, але при визначених умовах (заморожуванні та розморожуванні) вона здатна формувати гелі. Експериментальні дослідження свідчать, що в'язкість розчинів камеді ріжкового дерева залишається незмінною в діапазоні рН 3.5–11 і залежить від концентрації: до 0.5 % в'язкість має лінійну залежність, вказаного вище рівня – збільшується експоненціально. Типові 1 %-ні розчини камеді при кімнатній температурі мають в'язкість від 2400 до 3200 Па·с [11].

Функціональні властивості камеді дерева тари багато в чому споріднені з КГ та КРД, оскільки вона також є галактомананом, що складається із залишків галактози (33–36 %) і D-манози (64–67 %). КДТ легко розчиняється у воді, а її гарячий розчин при одній і тій же концентрації в'язкіший, ніж розчини КРД та КГ. Камедь тари з іншими гідроколоїдами проявляє властивості синергізму та дає змогу утримувати дисперсні системи у стабільному стані досить тривалий час.

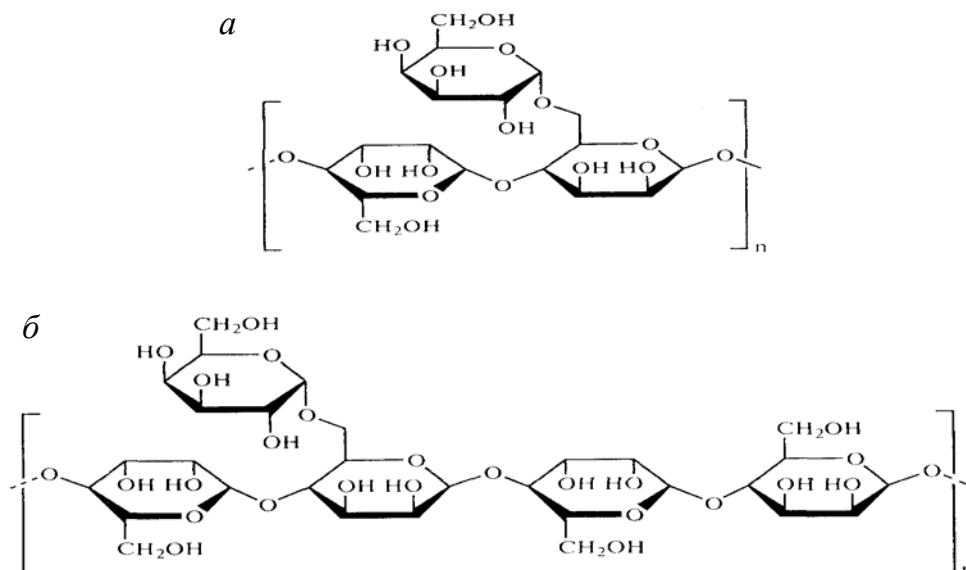


Рис. 2. Структурні формули:
а – камедь гуару;
б – камедь ріжкового дерева

Необхідні функціональні властивості готової продукції можуть забезпечуватися лише змішуванням гідроколоїдів у визначених співвідношеннях, оскільки внаслідок їх спільної взаємодії можна досягти пікових значень синергізму, ніж при застосуванні кожного з компонентів окремо. Також необхідно враховувати синергічну залежність між різними гідроколоїдами, зумовлену хімічним складом, ступенем очищення, технологією переробки сировини та кліматичними умовами збору.

У ході дослідження приготовлено суміші на основі гідроколоїдів із концентрацією від 1.5 до 4% (табл. 1). Наважку суміші розчинено у воді (70 °С) при постійному помішуванні, витримано при кімнатній температурі дві години до утворення желеподібної структури, після чого заморожено.

Результати експерименту свідчать, що гуарова камедь, на відміну від інших гідроколоїдів, найкраще розчиняється в холодній і гарячій воді без грудкування; розчинність ксантану дещо гірша з утворенням плівки на поверхні; найменшою розчинністю та значним грудкуванням відрізняється камедь ріжкового дерева, якій необхідна висока температура та інтенсивне перемішування, що ускладнює технологічний процес.

Для об'єктивної оцінки стабілізаційних сумішей та обґрунтування доцільності їхнього застосування при виробництві заморожених заливних рибних продуктів визначено рівень синерезису за кількістю вологи, що виділилася після розморожування, та проведено органолептичну оцінку якості (табл. 2).

Таблиця 1

Характеристика стабілізаційних систем із гідроколоїдів

Номер варіанта	Склад суміші	Співвідно- шення інгредієнтів	Концентра- ція гідро- колоїдів, %	Органолептична характеристика показників	
				колір	консистенція
1	<i>K</i> -карагенан : КРД	1 : 1	1.5	Світло-сірий	Пружна, міцна
2	<i>K</i> -карагенан : КРД	– " –	2.0	Сірий	– " –
3	<i>K</i> -карагенан : КРД	– " –	3.0	Темно-сірий	Гумоподібна
4	Ксантан : КРД	– " –	3.0	– " –	– " –
5	<i>I</i> -карагенан : КРД : КГ	0.5 : 0.5 : 1	3.0	Жовто- солом'яний	Еластична, желеподібна
6	КГ : КК	0.8 : 0.2	2.0	Світло- солом'яний	– " –
7	КГ : КК	– " –	3.0	– " –	– " –
8	КГ : КК	– " –	4.0	Солом'яний	– " –
9	КГ : <i>k</i> -кара- генан	– " –	2.0	Світло- солом'яний	– " –
10	<i>K</i> -карагенан : КДТ	1 : 1	2.5	Світло-сірий	Кашоподібна

Таблиця 2

Органолептична оцінка якості стабілізаційних сумішей після розморожування за 5-бальною шкалою

Показник	Оцінка якості дослідних варіантів, балів									
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
Зовнішній вигляд	2.1	2.2	2.9	3.1	4.1	4.1	4.3	4.2	4.1	2.8
Колір	4.3	4.1	2.9	2.8	3.3	4.4	4.5	4.3	4.4	4.4
Консистенція	2.6	2.6	2.2	2.2	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	2.1
Загальна оцінка	9.0	8.9	8.0	8.1	12.3	13.3	13.7	13.4	13.4	9.3

За загальною оцінкою найкращими виявилися зразки № 5, 6, 7, 8 і 9, оскільки їхні бали були в 1.5 раза вищими порівняно з рештою. Недолік суміші № 5 – жовто-солом'яний колір, причиною якого є жовте забарвлення напівочищеного *I*-карагенану та камеді ріжкового дерева. Усі ці суміші утворюють міцні, еластичні, від світло-сірого до світло-солом'яного кольору гелі, стійкі до процесів заморожування та дефростації, тобто у них відсутнє явище синерезису, що зумовлено наявністю ксантанової та гуарової камеді, які блокують формування кристалів льоду в проміжній водній фазі. Комбінація ксантанової та

камеді гуару в співвідношенні 0.8 : 0.2 (№ 6, 7, 8) сприяє утворенню стійкого, еластичного гелю за рахунок сполучення їхніх галактозних залишків. Це підтверджується тим, що при збільшенні вмісту галактози така взаємодія послаблюється, тоді як їхнє індивідуальне застосування не дає бажаного технологічного ефекту.

Зазначені вище суміші характеризуються псевдопластичними структурно-механічними властивостями та високою вологозв'язуючою здатністю, що зумовлено будовою ксантанової камеді. Її полімерна структура має бічний трицукридний ланцюг, приєднаний до кожного другого цукридного залишку молекулярного ланцюга. Це поряд із зарядженими карбоксильними групами забезпечує високу вологозв'язуючу (гідрофільну) здатність. Псевдопластичність суміші спричинена тим, що полімерні ланцюги камеді легко взаємодіють між собою і так само легко руйнуються.

У сумішах № 1, 2 і 3 завдяки зв'язуванню камедями негідратованої частини карагану спостерігається дуже пружна, міцна консистенція і явище синерезису – після розморожування гелів виділилося: для суміші № 1 – 24.6; № 2 – 14.4; № 3 – 2.6; № 4 – 1.6; № 10 – 0.5 % вільної води від кількості води, взятої для приготування зразка. Отже, при зменшенні концентрації гідроколідів у сумішах рівень синерезису збільшується. К-караган у сполученні із камеддю ріжкового дерева у різних концентраціях проявляє синергізм, утворюючи дуже пружні, міцні гелі від світло- до темно-сірого кольору, які не стійкі до дії низьких температур.

Згідно отриманих даних встановлено, що для забезпечення поставлених технологічних завдань ефективніше застосовувати суміші № 5, 6, 7, 8 і 9, що дає змогу використовувати їх при виробництві продуктів, призначених для тривалого зберігання в замороженому стані.

Таким чином, використання стабілізаційних систем має значні переваги перед окремими гідроколідами щодо простоти та надійності застосування, уможлиблює розширення асортименту рибних кулінарних виробів зі стійкою до механічної дії й температурних перепадів консистенцією та текстурою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сидоренко О. В. Формування асортименту та якості риборослинних продуктів : монографія / Олена Володимирівна Сидоренко. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. — 313 с.
2. Постольски Я. Замораживание пищевых продуктов / Я. Постольски, З. Груда ; пер. с польского Ю. Ф. Заяса, И. Е. Фельдмана. — М. : Пищевая пром-сть, 1978. — 607 с.
3. Козлов С. Г. Физико-химические основы получения гелеобразных продуктов / С. Г. Козлов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2004. — № 2. — С. 88—91.
4. Технология продуктов из гидробионтов / [С. А. Артюхова, В. Д. Богданов, В. М. Дацун и др.] ; под ред. Т. М. Сафроновой, В. И. Шендерюка. — М. : Колос, 2001. — 496 с.

5. Романенко Ю. В. Структурообразователь и реологические характеристики рыбы в желатинной заливке / Ю. В. Романенко, И. В. Данкбарас // Рыбная пром-сть. — 2005. — № 2. — С. 28—29.
6. Пивоваров П.П. Перспективи використання гелеутворюючих полісахаридів у технології реструктурованої рибної продукції / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко // Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (19 лист. 2003 р.). — Харків : ХДУХТ, 2003. — С. 46—48.
7. Кушнір Ю. Гидроколлоиды / Ю. Кушнір // Продукты & ингредиенты. — 2008. — № 5. — С. 106—107.
8. Кадникова И. А. Каррагенан в пищевой промышленности / И. А. Кадникова, С. В. Талабаева // Рыбная пром-сть. — 2005. — № 2. — С. 34—35.
9. Базарнова Ю. Г. Применение натуральных гидроколлоидов для стабилизации пищевых продуктов / Ю. Г. Базарнова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2005. — № 2. — С. 84—87.
10. Богомолова В. Дослідження властивостей карагенанів для застосування при виробництві рибних продуктів / В. Богомолова // Товари і ринки. — 2008. — № 1. — С. 96—100.
11. Пищевая химия / [А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова, В. В. Колпакова и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. — [4-е изд.]. — СПб. : ГИОРД, 2007. — 640 с.
12. Панфилова М. Н. Ксантановая камедь. Преимущества и особенности применения / М. Н. Панфилова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2006. — № 2. — С. 70.

УДК 663.674.022.39

Í àòàè³ÿ Í ÑÈÒÓËÛÑÛËÀ,
Ëràì èèà Ñª Í Î ÃÎ Í Î ÅÅ,
²èî í à ÊÎ ÅÅ ËÛ

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦУКЕРОК ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ

Сучасний спорт зі значними фізичними й нервово-психічними навантаженнями до організму спортсменів висуває підвищені вимоги, викликає різку активацію метаболічних процесів у органах і системах (м'язовій, серцево-судинній, видільній тощо). Швидке відновлення

© Í àòàè³ÿ Í ÑÈÒÓËÛÑÛËÀ, Ëràì èèà ÑªÍÎÃÎÎÎÅÅ, ²èî í à ÊÎÅÅËÛ, 2009