

УДК 664.685.6

Реологічні властивості вершкових кремів зниженої жирності з різновидами цукрів

Ю. КАМБУЛОВА, О.В. КОБИЛІНСЬКА, В.М. ЯЦЕНКО, кандидати техн. наук

В. ПАСІЧНИЙ, д-р техн. наук

Ю. ЗВЯГІНЦЕВА-СЕМЕНЕЦЬ, аспірант

Національний університет харчових технологій

Анотація. Наведені результати порівняльного аналізу формування реологічних показників якості вершкових кремів з сахарозою, глюкозою і фруктозою. Визначений і науково обґрунтований вплив альгінату натрію і j-карагенану на емульсійно-пінну структуру кремів з пониженою жирністю. Надані рекомендації щодо практичного використання кремів.

Ключові слова: реологічні показники якості, емульсійно-пінна система, вершковий крем, глюкоза, фруктоза, альгінат натрію, j-карагенан, желатин.

RHEOLOGICAL CREAM WITH A VARIETY OF LOW-FAT SUGAR

Yulia V. KAMBULOVA,

Yulia P. ZVYAGINTSEVA-SEMENETS,

Elena V. KOBYLINSKAYA,

Valerie M. YATSENKO,

Vasiliy M. PASICHNYY

(National University of Food Technologies, Kyiv)

Abstract. The results of comparative analyzes of rheological parameters as cream of sucrose, glucose and fructose. Defined and scientifically grounded impact and sodium alginate j-carrageenan on-emulsive structure foamy cream with reduced fat content. The recommendations for the practical use creams.

Key words: rheological quality, emulsive-foam system, butter cream, glucose, fructose, sodium alginate, j-carrageenan, gelatin.

© **В.М. Корзун**, доктор техн. наук, Інститут гігієни і медичної екології ім. О.М. Марзєєва Національної Академії Медичних Наук України
Т.В. Гавриш, канд. техн. наук, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

Вершкові креми для оздоблення тортів і тістечок – складні дисперсійні системи, утворені з частково зруйнованої в процесі збивання кристалізаційно-коагуляційної структури молочних вершків та пухирців повітря, оточених оболонкою з білкових речовин. Однією з найважливіших властивостей кремів, якою користуються для оцінки його якості, є текстура (консистенція).

Характер текстури кремів може бути вираженим через реологічні показники, що відображають стан матеріалу в процесі його деформації, течії та руйнування. До основних реологічних показників відносять пружність, пластичність, в'язкість і міцність. Найбільш важливими реологічними величинами для кремів є в'язкість (внутрішнє тертя) – міра опору течії та зворотня величина в'язкості – текучість.



Дослідженнями [3], спрямованими на урізноманітнення асортименту кремів з вершками молочними, встановлено можливість застосування альгілату натрію (АН) і j-карагенану в технологіях вершкових кремів пониженої жирності. Спосіб передбачає збивання вершків молочних жирністю 20 % і цукрової пудри, введення структуроутворювача. Креми мають високі органолептичні показники й споживчі властивості.

Попередніми дослідженнями, проведеними нами, було оптимізовано рецептурний склад кремів, удосконалені способи виробництва. Проте, залишається потреба у вивченні реологічних характеристик дослідних систем, продиктована істотною зміною рецептурного складу кремів: заміною одного із головних компонентів структуроутворення – сахарози, і вибору гідроколоїдів полісахаридного походження на заміну желатину, спроможних утворювати гелеву сітку у складі дисперсійного середовища, змінюючи його структурно-механічні характеристики. Отже, представлені дослідження актуальні як такі, що мають науковий і практичний інтерес.

Виробництво низькокалорійних емульсійних продуктів, яке зумовлено збільшенням попиту на продукцію з низьким вмістом жиру, завжди пов'язане з проблемою збереження структурних властивостей, оскільки зниження жирової фази призводить до значного зменшення в'язкості і слабкої стійкості емульсійної системи.

Реологічні властивості таких систем залежать від складної взаємодії між реологією дисперсійного середовища і характеристиками зважених часток. В таких системах реологія дисперсійного середовища відіграє, зазвичай, головну роль у загальній реології системи. Внаслідок цього, складні емульсійно-пінні системи мають доволі широке різноманіття реологічних характеристик, проявляючи властивості від малов'язких ньютонівських рідин до в'язкопружних матеріалів і пластичних мас.

На реологічні властивості емульсії впливатимуть багато факторів.

Якщо мова йде про низькоконцентровані емульсії, якими є тваринні вершки (масова частка молочного жиру до 35%), то істотно позначатиметься на загальній зміні структури концентрація або взаємодія кристалів молочного жиру, які відбуватимуться в системі при зміні температури, складу жиру тощо. Під час охолодження і збивання глобули жиру піддаються напрузі зсуву при обертovому русі збивального механізму. Частинки жиру розколюються, що призводить до часткової коалесценції жирових глобул і перегрупуванню в інші агрегати, поверхня яких вкривається молочними білками. В системі відбувається так звана дестабілізація жиру – вивільнення окремих агрегатів жирових глобул. Експериментально доведено [12], що для однорідної текстури збитих емульсійних продуктів деяка частина емульгованого жиру повинна бути дестабілізована. Це надає продукту сухого привабливого зовнішнього вигляду, вершкове гармонійне відчуття при споживанні.

Таким чином, будь-які зміни в складі дисперсійного середовища впливатимуть і на реологічні показники його якості, і на стабільність системи в цілому.

Науковою спільнотою, що займається питанням покращення якості і властивостей вершкових кремів, запропонований стабілізуючий вплив модифікованого крохмалю холодного набухання, що має емульгуючі властивості; установлена доцільність використання цукрового (СР – 60%) і інвертного (СР – 40%) сиропів, внесення крейди активізованої у вигляді суспензії в кількості 1-2% на заміну цукрової пудри, овочевих і фруктових порошоків, соків і паст тощо. Але питання утворення емульсійно-пінних структур вершкових кремів із зниженою часткою жиру та використання інших видів цукрів у літературі висвітлені недостатньо.

Метою досліджень є вивчення реологічних показників якості вершкових кремів зниженої жирності з різновидами цукрів.

Об'єктом досліджень є структурно-механічні показники якості вершкових кремів з желатином, альгілатом натрію, j-карагенаном на сахарозі, глюкозі, фруктозі.

У ході дослідження використано наступну сировину:

- цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006,
- вершки «Ферма» жирністю 20% згідно з ТУ У 15,5-31984307-003:2006;
- желатин харчовий згідно з ГОСТ 11293-89;





– альгінат натрію, j-карагенан (компанія «GE Roeser GmbH», Німеччина);

– глюкоза, фруктоза.

Реологічні показники визначали з використанням ротаційного віскозиметра Reotest 2 [2].

У ході досліджень розраховували напругу зсуву, τ , Па, за формулою (1):

$$\tau = Z \cdot \alpha,$$

де α – значення, яке прочитане зі шкали реєструючого приладу;

Z – константа вимірювальної пари. \

Ефективну в'язкість практично незруйнованої, η_0 , Па·с, і практично зруйнованої, η_m , Па·с, системи розраховували за формулою (2) :

$$\eta = \tau / \dot{\gamma},$$

де $\dot{\gamma}$ – градієнт швидкості зсуву, s^{-1} .

За результатами обчислень будували реологічні криві в'язкості $\eta = f(\tau)$ та плинності $\dot{\gamma} = f(\tau)$. По кривих в'язкості визначали міцність утвореної системи R_{k1} , Па; динамічна межа здатності системи до плинності R_{k2} , Па; міцність утвореного структурного каркасу R_m , Па; міцність структурних зв'язків R_{k1} / R_{k2} ; руйнування структури R_m / R_{k1} .

Модельні зразки кремів для вивчення реологічних характеристик готували за наступними рецептурами.

Вершковий крем з желатином (контрольний зразок) – згідно з рецептурою №76 збірника рецептур на торт і тістечка [5]. Вершкові креми з альгінатом натрію або j-карагенаном – відповідно до [6, 7].

Для приготування крему на альгінаті натрію рецептурну кількість структуроутворювача змішували із цукровою пудрою у співвідношенні 1:1, вводили у вершки, нагрівали до температури, близької 85-90°C для повного розчинення і охолоджували до температури 10±2°C. Охолоджений розчин вносили до основної ча-

стини вершків і збивали з поступовим додаванням цукрової пудри.

Для приготування вершкових кремів з j-карагенаном структуроутворювач перемішували зі всією кількістю цукрової пудри, розводили вершками, нагрівали до повного розчинення в інтервалі температур 90-95°C і охолоджували до температури 15±2°C, підготовлений розчин вносили до основної частини вершків і збивали з поступовим додаванням цукрової пудри.

При приготуванні кремів на вказаних полісахаридах з різновидами цукрів рецептурну кількість сахарози замінювали на еквівалентну за вмістом сухих речовин кількість глюкози або фруктози.

Оцінку результатів експериментальних досліджень проводили з використанням методів розрахунку статистичної достовірності результатів вимірювання. Апроксимації емпіричних даних проводили за допомогою електронних таблиць MSExcel.

Для стабілізації структури вершкових кремів пониженої жирності цілеспрямовано введені структуроутворювачі (желатин, альгінат натрію і j-карагенан), які утворюють в системі желеподібний сітчастий каркас макромолекул, чим стабілізують систему у часі. Дослідженнями [4], були підібрані такі рецептурні композиції альгінату натрію і j-карагенану, за яких вершкові креми мали абсолютні показники стійкості протягом часу зберігання і реалізації. При цьому структура не набувала ознак твердого пружного тіла, що здатне руйнуватись, мала достатню пластичність для формування візерунків, наповнення випечених напівфабрикатів. Криві в'язкості і плинності досліджених зразків кремів представлені на рис.1–3.

Реологічні характеристики досліджених зразків вершкових кремів представлені в таблиці.



Реологічні характеристики вершкових кремів

№ поз.	Система	Ефективна в'язкість, Па·с		Міцність утвореної в системі надмолекулярної структури $\rho_0 - \rho_m$, Па·с	Характер утвореної системи R_{k1} , ρ_a	Динамічна межа здатності системи до плинності, R_{k2} , ρ_a	Міцність утвореного структурного каркасу, R_m , ρ_a	Міцність структурних зв'язків R_{k1}/R_{k2}	Руйнування структури, R_m/R_{k1}
		практично незруйнованої системи, ρ_0	практично зруйнованої системи, ρ_m						
Вершковий крем з желатином (контроль)									
1	Відразу після збивання	167,34	26,68	140,66	55,8	66	73,7	0,84	1,32
2	Через 30хв зберігання	190,76	31,31	159,45	66,5	78	86,7	0,85	1,30
3	Через 60хв зберігання	220,24	33,72	186,52	73,4	82	93,93	0,89	1,28
4	Через 120хв зберігання	241,05	35,64	205,41	80,3	88	100	0,91	1,24
Вершковий крем з АН і сахарозою									
1	Відразу після збивання	193,36	2,26	191,1	61,6	89	95,37	0,68	1,55
2	Через 30хв зберігання	199,43	2,38	197,05	66,5	96	102,6	0,69	1,54
3	Через 60хв зберігання	212,44	2,44	210	70,8	102	106,9	0,7	1,50
4	Через 120хв зберігання	225,44	2,56	222,88	75,1	104	110,7	0,72	1,47
Вершковий крем з АН і фруктозою									
1	Відразу після збивання	208,1	2,32	205,78	69,4	95	101,2	0,73	1,46
2	Через 30хв зберігання	216,77	2,53	214,24	72,3	98	106,0	0,73	1,47
3	Через 60хв зберігання	225,44	2,69	222,75	75,1	101	110,9	0,74	1,48
4	Через 120хв зберігання	233,25	2,81	230,44	77,7	104	115,6	0,75	1,49
Вершковий крем з АН і глюкозою									
1	Відразу після збивання	190,76	2,37	188,39	63,6	90	99,4	0,71	1,56
2	Через 30хв зберігання	199,43	2,62	196,81	66,5	101	109,8	0,66	1,65
3	Через 60хв зберігання	208,1	2,91	205,19	69,4	106	117,3	0,65	1,69
4	Через 120хв зберігання	219,37	3,03	216,34	73,1	115	124,3	0,63	1,71
Вершковий крем з j-карагеном і сахарозою									
1	Відразу після збивання	43,35	0,39	42,96	14,5	32	40,46	0,452	2,8
2	Через 30хв зберігання	47,69	0,45	47,24	15,9	35	44,22	0,454	2,78
3	Через 60хв зберігання	52,03	0,47	51,56	17,3	37	47,69	0,468	2,75
4	Через 120хв зберігання	58,96	0,5	58,46	19,7	41	52,33	0,48	2,66
Вершковий крем з j-карагеном і фруктозою									
1	Відразу після збивання	69,37	0,55	68,82	23,1	61	72,25	0,38	3,13
2	Через 30хв зберігання	75,44	0,57	74,87	25,1	65	75,14	0,39	2,9
3	Через 60хв зберігання	82,37	0,59	81,78	27,4	67	77,16	0,41	2,8
4	Через 120хв зберігання	90,18	0,61	89,57	30,0	68	78,9	0,44	2,6
Вершковий крем з j-карагеном і глюкозою									
1	Відразу після збивання	56,36	0,46	55,9	18,8	32	43,35	0,59	2,3
2	Через 30хв зберігання	58,1	0,49	57,61	19,4	36	49,13	0,54	2,5
3	Через 60хв зберігання	60,7	0,53	60,17	20,2	38	52,02	0,53	2,6
4	Через 120хв зберігання	66,77	0,56	66,21	22,2	44	57,8	0,51	2,7

* Примітка: АН – альгінат натрію.

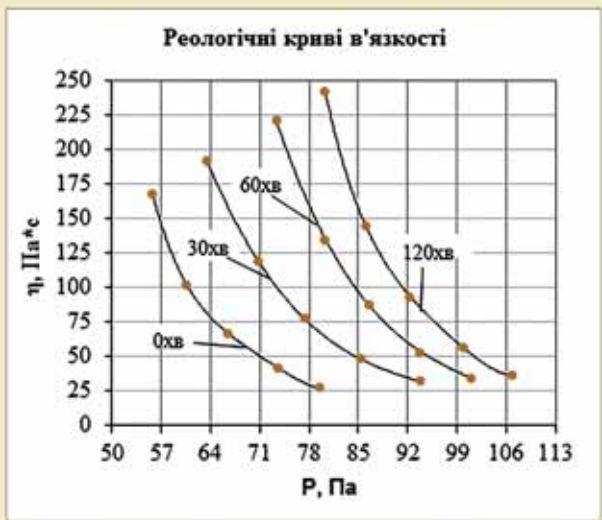
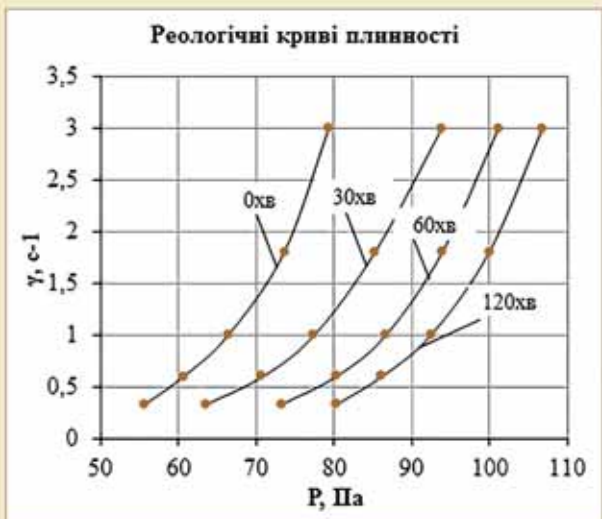


Рис.1. Реологічні криві плинності і в'язкості вершкового крему з желатином (контроль)

Характер змін кривих в'язкості і плинності зразків вершкових кремів (рис.1-3) вказує на те, що в процесі зберігання їх структура набуває більшої міцності порівняно з початковим станом. Наприклад, для крему з желатином збільшується значення в'язкості практично незруйнованої системи за 120 хвилин зберігання майже на 44%; крему з *і*-карагенаном – на 37%, крему з альгінатом натрію – на 22%. Це пояснюється розвитком гелеподібного структурного каркасу гідроколоїдів, уповільненням руху макромолекул і остаточним фіксуванням агрегатів в каркас по об'єму дисперсійного середовища. Різниця у частці нарощування в'язкості, на нашу думку, пов'язана із різним ступенем набухання гідроколоїдів, що зумовлене кількістю і реакційною здатністю водневих зв'язків. Процес набухання альгінату натрію і *і*-карагенану у вершках був ретельно вивчений [4] і встановлено, що *і*-карагенан відрізняється від альгінату натрію набагато меншим ступенем набухання за температур в межах 25-100°C. Наприклад, за

температури 25°C ступінь набухання альгінату натрію у вершках 5443 %, *і*-карагенану – 2286 %, що на 58% вище. Відповідно, ступінь набухання, зумовлений кількістю і доступністю гідрофільних зв'язків, у альгінат натрію більший, що на нашу думку позначається на в'язкості дисперсного середовища. Відомо, що желатинові розчини відрізняються невисокими показниками в'язкості: при температурах, вищих 40°C вони володіють властивостями не ньютонівської рідини і температури 50-70°C дають змогу відливати кондитерські маси [11]. А остаточний структурний каркас їх дисперсних систем формується у стані спокою при обов'язковому зниженні температур.

Це узгоджується з порівняльним аналізом реологічних показників, який представлений в табл. 1. Дійсно, найменші показники ефективної в'язкості практично незруйнованої структури крему відмічені для зразків з *і*-карагенаном, – він має найменші показники міцності структурного каркасу, міцності структурних зв'язків, найнижчу динамічну межу системи до плинності. Складні структури з альгінатом натрію мають показники в'язкості в 3,8-4 рази більші порівняно із *і*-карагенаном. Значення реологічних показників для зразків кремів на желатині наближаються до зразків на альгінаті натрію, проте слід зазначити, що рецептурна кількість желатину у 2,5 рази перевищує рецептурну кількість альгінату натрію.

При підвищенні інтенсивності обертового руху всі дослідні системи здатні до руйнування. Для зразків з полісахаридами відмічені різні значення початку плинності: для альгінату натрію ≈ 100 од і більше, для *і*-карагенану ≈ 35 од і вище. Це означає, що структури з альгінатом натрію та *і*-карагенаном будуть витримувати різну інтенсивність механічного впливу, що пояснюється відмінностями процесів розвитку струк-



турного гелевого каркасу полісахаридів в дисперсійному середовищі.

Механізм гелеутворення альгінату натрію в молочних продуктах пов'язаний із утворенням кальцієво-альгінатного гелю. Асоціати утворюються внаслідок виникнення вузлових зон в місцях фізичного з'єднання блоку λ -L-гулуринової кислоти однієї молекули альгінату з блоком λ -L-гулуринової кислоти іншої молекули шляхом взаємодії «ланцюг – Ca^{2+} – ланцюг». При збільшенні вмісту гулуринових блоків в альгінаті товщина вузлових зон підвищується, зони можуть ставати багаточастковими, що істотно зміцнює структуру гелю [16].

J-карагенан може утворювати асоціативну гелеву сітку або внаслідок численних водневих зв'язків, або аналогічним до альгінату механізмом утворення кальцієвих містків. Проте, вміст ефірного сульфату, частка якого в молекулі j-карагенану становить до 32 % перешкоджає утворенню багаточасткових, навіть подвійних, спіралей, тим самим зменшуючи міцність гелей. Тому гелі j-карагенану відрізняються м'якою, еластичною структурою. У більшості випадків, ефективність використання карагенанів визначена саме в молочних продуктах, тобто на практиці використовується механізм гелеутворення з'єднанням полісахаридних ланцюгів іонами Ca^{2+} . В молочних продуктах для j-карагенану проявляється, на нашу думку, ефект специфічної взаємодії з каппа-казеїном [1], який зафіксовано для k-карагенану. Він полягає не лише в утворенні в дисперсійному середовищі молочних продуктів слабого карагенанового гелю, але й у формуванні додаткової структури шляхом безпосередньої взаємодії з позитивно зарядженими амінокислотами білків на поверхні казеїнових міцел. Таким чином, відбувається подвійний захист прямих емульсійних систем від розшарування.

Дані графіків або таблиці свідчать, що структура

крему з желатином також піддається незворотному руйнуванню, внаслідок чого, відбувається розшарування системи з утворенням неоднорідної дисперсної фази з окремих агломератів і рідини, як дисперсійного середовища, але показники ефективної в'язкості практично зруйнованої структури кремів з желатином вищі в 10-15 разів порівняно з показниками кремів з полісахаридами.

Поясненням цього може бути процес гелеутворення желатину зумовлений конформаційним перегрупуванням окремих поліпептидних ланцюгів в упорядковану сітку спірального типу [9, 17]. Гелеутворення відбувається винятково за рахунок водневих зв'язків, які під час охолодження фіксують потрібні поліпептидні ланцюги у достатньо жорсткий каркас.

Таким чином, найбільш структурованою системою, здатною витримувати певні механічні навантаження, є вершковий крем з альгінатом натрію, який можна рекомендувати використовувати для формування візерунків та рельєфного рисунка і т.д. Це стосується кремів, як безпосередньо після виготовлення, так і після двох годин вистоювання в умовах холодильника.

Приготовані креми з j-карагенаном не слід піддавати інтенсивному подальшому перемішуванню, під час якого система втрачає цілісну структуру. Тобто такі креми ми рекомендуємо для наповнення кошків, заварних тістечок і еклерів тощо.

Закономірності формування структури альгінату натрію та j-карагенану і відмінності, описані вище, спостерігаються і при використанні інших видів цукрів – глюкози, фруктози. Так, j-карагенан як з глюкозою, так і з фруктозою має менші показники в'язкості порівняно з альгінатом натрію, його структура витримує менші навантаження обертового руху.

Значний інтерес представляє індивідуальність впливу різних цукрів на формування стабілізуючих властивостей структури конкретного полісахариду. З даних таблиці видно, що найбільшу в'язкість здатні формувати полісахариди з фруктозою. Це узгоджується із особливостями розчинення дослідних цукрів у воді і, відповідно, їх впливом на набухання полісахаридів [4]. Так, проведеними дослідженнями встановлено, що в присутності фруктози, розчинність якої найбільша серед представлених цукрів (за температури 25°C – сахароза 67,09%, глюкоза 47,72%, фруктоза 78,94%) ступінь набухання альгінату натрію і j-карагенану зменшуються. Тобто, фруктоза здатна більшою мірою утворювати водневі зв'язки, конкуруючі із гідроколоїдами. Крім того, за однакової кількості цукрів по сухих речовинах, число молекул





глюкози і фруктози вноситься в систему в 1,9 раз більше, ніж молекул сахарози (молекулярна маса сахарози – 342, глюкози і фруктози – 180). Тому і водневих зв'язків з молекулами гідроколоїдів і моносахаридів буде більшим, що сприятиме утворенню структурованої системи крему. Однак, зв'язки ці слабкі і під дією механічної дії руйнуються. При швидкості зсуву

(для желатину – 3 с^{-1} ; для альгілату натрію – $48,6 \text{ с}^{-1}$; для j -карагенану – $145,8 \text{ с}^{-1}$) відбувається повне руйнування структури. Меншою мірою система руйнується в присутності цукрів.

Висновки

Проведеними дослідженнями вивчені реологічні показники якості вершкових кремів зниженої жирності з різновидами цукрів. Установлено, що альгілат натрію утворює найбільш структуровану емульсійно-пінну структуру, що здатна втримувати задані навантаження. Порівняно з системами на желатині і j -карагенані, такий крем можна використовувати для створення рельєфного рисунка при оздобленні випечених напівфабрикатів. Кремами з j -карагенаном слід оздоблювати вироби не піддаючи структуру інтенсивному подальшому перемішуванню, під час якого система втрачає цілісну структуру. Ми рекомендуємо такі креми для наповнення різноманітних тістових заготовок - кошиків, заварних тістечок і еклерів.

При порівнянні впливу цукрів на структурно-механічні властивості емульсійно-пінної системи, якою є вершковий крем, установлено, що фруктоза здатна формувати найбільш в'язкі структуровані системи.

Література

1. **Аймесон А.** Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / А. Аймесон (ред.-сост.). – СПб.: ИД «Профессия», 2012. – 408 с.
2. **Грабовська О.В., Ковалевська Є.І.** Реологія харчових мас: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форми навч.. – К.:НУХТ, 2009. – 22 с.
3. **Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П., Корзун В.Н.** Шляхи підвищення якості вершкового крему // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2015. – №09(130). – С.10-13.
4. **Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П., Соколовська І.О.** та ін. Дослідження процесу набухання полісахаридів для використання в технології вершкових кремів // Харчова наука і технологія. – 2016. – №10(2). – С.24-31.
5. Патент 112822 Україна, МПК А23 С13/12 Вершковий крем / Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П., Корзун В.Н., Жарук Т.М.; Національний університет харчових технологій – № а 201506565; заявл. 03.07.2015; опубл. 25.10.2016, Бюл.№20.
6. Патент 113391 Україна, МПК А23 С13/12 Вершковий крем / Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П.; Національний

університет харчових технологій – № у 201607664; заявл. 12.07.2016; опубл. 25.01.2017, Бюл.№2.

7. **Поліщук Г.Є.** Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. кандидата техн. наук: 05.18.01 / Поліщук Галина Євгенівна – К.:НУХТ, 2013. – 439 с.
8. **Cuvelier G., Michon.** Gelatine Substitution: What Functionalities? – Renes: Polimerix, 2003. – P. –1-9.
9. **Wolf F.A.** Collagen and gelatine // Industrial Proteins in Perspective (Progress in Biotechnology) / W. Y. Aalbersberg, R.J. Hamer, P. Jasperse, H.H.J. de Jongh, C.G. de Kruif, P. Walstra, F.A. Wolf (eds). – Chapter V. – Elsevier Sciences, 23. – 2003. – P. 133–218.

