

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗВ'ЯГІНЦЕВА-СЕМЕНЕЦЬ ЮЛІЯ ПЕТРІВНА

УДК 664.685.6

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ
КРЕМІВ ІЗ ЗБИТИХ ВЕРШКІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ
ГІДРОКОЛОЇДІВ ТА ЦУКРІВ**

05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських
виробів та харчових концентратів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Камбулова Юлія Вікторівна,
Національний університет харчових технологій,
доцент кафедри технології хлібопекарських і
кондитерських виробів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шаніна Ольга Миколаївна,
Харківський національний університет сільського
господарства імені Петра Василенка,
професор кафедри технологій переробних і
харчових виробництв,

кандидат технічних наук, доцент
Макарова Ольга Василівна,
Одеська національна академія харчових технологій,
доцент кафедри технології хліба, кондитерських,
макаронних виробів і харчоконцентратів.

Захист дисертації відбудеться 31 січня 2019 р. о 14⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.06 Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано ___ грудня 2018 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент

І.М. Зінченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із проявів здорового харчування є корегування кількості та якості жирів, що поступають до організму людини. Всесвітньою організацією охорони здоров'я надано рекомендації, що кількість спожитих жирів не повинна перевищувати 30% від енергії харчового раціону. До того ж, слід виключити продукти, до складу яких входять промислові трансжири.

Торти й тістечка є висококалорійними кондитерськими виробами завдяки використанню в оздобленні значної частини кремів. Особливої уваги заслуговують креми із збитих вершків, складна емульсійно-пінна структура яких досягається збиванням вершків молочних коров'ячих з жирністю 35% і вище. Економічні тенденції зростання цін на продукти харчування та нестабільна якість сировини призвели до насичення даної групи оздоблювальних напівфабрикатів ідентичними замінниками – напівфабрикатами з рослинних вершків, сумішами, які включають замінники молочного жиру, емульгатори, стабілізатори, консерванти тощо.

З метою створення продукції здорового харчування доцільним є удосконалення технологічної схеми виробництва кремів шляхом використання вершків молочних з низьким вмістом жиру, що знизить енергетичну цінність і собівартість готового продукту. Стабілізації складної емульсійно-пінної системи збитих вершків з пониженим вмістом жиру можливо досягти введенням гідроколоїдів, які здатні проявляти загущувальні й поверхнево-активні властивості. Для забезпечення агрегативної стійкості доцільним є застосування водоростевих полісахаридів – альгінату натрію (АН), j-каррагану, агару, які мають функціональну дію на організм людини.

У розширенні асортименту кремів із збитих вершків для масового споживання, в тому числі функціонального харчування, доцільним є застосування поряд з ЦБК(сахарозою) глюкози, фруктози, лактулози, які мали досвід використання в інших технологіях кондитерської продукції.

Вивченню механізмів формування пінних систем присвятили свої роботи вітчизняні та зарубіжні вчені: Дорохович А.М., Іоргачова К.Г., Оболкіна В.І., Грінченко О.О., Поліщук Г.Є., Горальчук А.Б., Білоусов А.П., Грищенко А.Д., Ребіндер П.А., Степанович З.З., Berger, K., White, G., Koholt, M., Stokke B., Draget K., Yuguchi Y. та інші. Однак робіт, які присвячені технологіям кондитерських кремів для оздоблення тортів і тістечок пониженої енергетичної цінності з використанням вершків молочних, висвітлено недостатньо, що робить запропоновані дослідження актуальними з наукової і практичної позиції.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводились відповідно до держбюджетної тематики науково-дослідної роботи Національного університету харчових технологій «Розроблення сучасних енерго- і ресурсощадних технологій та нанотехнологій для виробництва якісних і безпечних харчових продуктів» згідно із замовленням Міністерства освіти і науки України № 0117u003717.

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології кремів із збитих вершків, що забезпечує їм статус виробів з пониженою енергетичною цінністю шляхом раціонального використання полісахаридів рослинного походження, ди- та моносахаридів.

Досягнення поставленої мети здійснювали на основі комплексу досліджень, які включали такі взаємопов'язані завдання:

1. Провести аналіз сучасних досліджень щодо стану виробництва кремів із збитих вершків; особливостей формування складної емульсійно-пінної структури напівфабрикату; наукових підходів до створення низькокалорійних оздоблювальних кремів; застосування різних видів цукрів у збитих харчових продуктах на основі молочної сировини;

2. Обґрунтувати використання альгінату натрію, j-каррагінану і агару для стабілізації збитих вершків з пониженим вмістом жиру. Вивчити кінетику набухання полісахаридів у вершках і рекомендувати спосіб їх підготовки; визначити основні параметри піноутворення вершків з пониженим вмістом жиру, структуроутворювачами і цукром білим кристалічним;

3. Вивчити питання можливості застосування різних видів цукрів в технології кремів із збитих вершків – глюкози, фруктози, лактулози з метою розширення асортименту продукції для масового споживача, в тому числі дитячого і функціонального харчування.

4. Оптимізувати рецептурний склад кремів пониженої жирності із збитих вершків з різними видами цукрів за збитістю і стійкістю як факторами оптимізації; врахувати в оптимізаційних розрахунках такі параметри як концентрація структуроутворювача, час і температура збивання кремів;

5. Вивчити мікроструктуру і структурно-механічні, в тому числі реологічні, показники якості кремів в процесі зберігання; надати аналіз їх пружно-пластичним характеристикам;

6. Характеризувати вміст вільної води в кремах із збитих вершків з полісахаридами і різними видами моно- і дисахаридів за визначенням криоскопічної температури;

7. Удосконалити технологічну схему виробництва кремів із збитих вершків пониженої жирності; визначити основні показники якості та мікробіологічної безпеки кремів із збитих вершків пониженої жирності з різними видами цукрів; установити частку зменшення енергетичної цінності готової продукції;

8. Провести комплекс робіт з розробки нормативної документації та впровадження удосконаленої технології на підприємствах кондитерської галузі; визначити економічну ефективність виробництва кремів з пониженим вмістом жиру.

Об'єкт досліджень – технологія крему із збитих вершків.

Предмет досліджень – емульсійно-пінні системи вершків з альгінатом натрію, j-каррагінаном, агаром, цукром білим кристалічним, фруктозою, глюкозою, лактулозою; колоїдні розчини полісахаридів.

Методи досліджень – стандартні загальноприйняті, спеціальні фізичні, хімічні, мікробіологічні, які виконувались з використанням сучасних приладів та комп'ютерних технологій; методи математичного моделювання, оптимізації й статистичного оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Науково обґрунтовано удосконалення технології низькокалорійних кремів емульсійно-пінної структури шляхом раціонального використання збитих молочних вершків з вмістом жиру 20%, полісахаридів (альгінату натрію або j-каррагінану), ди- та моносахаридів (сахарози, фруктози, глюкози, лактулози).

Вперше:

- науково обґрунтовано доцільність використання альгінату натрію або j-каррагінану для забезпечення агрегативної стабільності емульсійно-пінної системи кремів із збитих вершків з пониженим вмістом жиру;
- визначений спосіб підготовки альгінату натрію і j-каррагінану для введення у збиті вершки, який дозволяє гальмувати іонотропне гелеутворення полісахаридів до температур збивання крему і полягає у змішуванні альгінату натрію або j-каррагінану з цукром і вершками, підігріванні сумішей до температур повного розчинення, і охолодженні до температур збивання вершків;
- визначені кріоскопічні температури модельних систем «вершки – альгінат натрію (j-каррагінан)» та «вершки – альгінат натрію (j-каррагінан) – сахароза (глюкоза, фруктоза)», які дозволили характеризувати вміст вільної води в системах і установити, що при введенні альгінату натрію або j-каррагінану до вершків відбувається формування комплексів «полісахарид – молочний білок», оскільки частка вільної води збільшується, а також, що в модельних системах кількість води, яка зв'язана з цукрами, більша ніж та, що зв'язана з полісахаридами;
- визначені відмінності мікроструктури кремів із збитих вершків з пониженим вмістом жиру і полісахаридами, які полягають у формуванні в структурі крему округлих пор, рівномірно розподілених в об'ємі дисперсійного середовища внаслідок підвищення альгінатом натрію або j-каррагінаном в'язкості системи і впливом на механізм формування пінної структури.

Знайшли подальший розвиток:

- закономірності процесів піноутворення вершків молочних з різними видами цукрів і встановлено, що використання фруктози і глюкози на заміну ЦБК зменшує збитість крему внаслідок більших значень в'язкості і поверхневого натягу колоїдних розчинів полісахаридів з глюкозою, фруктозою у порівнянні з сахарозою;
- закономірності піноутворення низькокалорійних кремів із збитих вершків з заміною частки основного цукру (цукру білого, глюкози, фруктози) на лактулозу і визначено, що лактулоза підвищує в'язкість дисперсійного середовища, чим спричиняє погіршення збитості, збільшення дисперсності повітряної фази, підвищення кріоскопічної температури кремів і рекомендовано встановити граничну норму її введення в рецептуру – 3 г/100 г крему;
- закономірності формування структурно-механічних показників якості низькокалорійних кремів протягом зберігання і встановлено, що креми з альгінатом натрію у порівнянні з кремами на j-каррагінані відрізняються вищими показниками ефективної в'язкості, що дозволяє рекомендувати їх для відформовування художніх візерунків, а креми з j-каррагінаном – для наповнення випечених напівфабрикатів; в процесі зберігання в кремах розвивається пружна структура, яка дозволяє утримувати абсолютну стійкість кремів протягом часу оздоблення і реалізації.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено та затверджено рецептури і технологічні інструкції на нові види кремів із збитих вершків: «Вершковий», «Вершковий з фруктозою», «Вершковий з глюкозою», «Ніжний», «Ніжний з фруктозою», «Ніжний з глюкозою».

Удосконалені технології кремів пройшли виробничі випробування в умовах кондитерських цехів ТОВ «Твич» (м. Київ) і ПП «Сузір'я солодоців» (м. Боярка, Київської обл.). Технологію кремів із збитих вершків з різними видами цукрів впроваджено на ПП «Сузір'я солодоців».

Особистий внесок здобувача. Автором проведено експериментальні дослідження, одержано наукові результати щодо оптимізації рецептурного складу кремів пониженої жирності із збитих вершків з різними видами цукрів, проведена апробація інноваційних технологій у виробничих умовах.

Аналіз і узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації проведені спільно з науковим керівником к.т.н., доц. Камбуловою Ю.В.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 80-83 Міжнародних наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (НУХТ, м. Київ, 2015 – 2017рр.), Міжнародній науково-практичній конференції «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» (НУХТ, м. Київ, 2015р.), 8th EPNOE International Polysaccharide Conference «Low-calorie creams based on fresh milk cream» (м. Ніцца, Франція, 2013). Зразки кремів із збитих вершків «Вершковий особливий», «Вершковий ніжний» були представлені на дегустаційному конкурсі кондитерських виробів «Солодкий тріумф – 2013» у рамках спеціалізованої виставки SWEETS&BAKERY Ukraine 2013 і нагороджені дипломами за перемогу у номінації «Тріумф інновацій»; Всеукраїнському Конкурсі хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів у номінації «Борошняні кондитерські вироби для здорового харчування», де нагороджені дипломами II ступеню.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 14 друкованих праць: 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук (4 з яких входять до міжнародних наукометричних баз), 2 патенти України на винахід, 1 патент України на корисну модель, 6 тез і матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Матеріали дисертації викладено на 134 сторінках друкованого тексту, містять 28 рисунків і 24 таблиці. Список використаних джерел включає 188 найменувань, у тому числі 97 іноземних.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання досліджень, визначено предмет і об'єкт досліджень, розкрито наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, викладено відомості стосовно особистого внеску здобувача та апробації результатів, структури та обсягу роботи.

У **першому розділі «Теоретичне та практичне підґрунтя для удосконалення технології низькокалорійних кремів»** проведено огляд науково-технічних джерел за темою дисертації: проаналізовано стан виробництва низькокалорійних кремів в Україні та країнах ближнього і дальнього зарубіжжя, викладені теоретичні основи утворення емульсійно-пінної структури збитих вершків і визначені фактори, що впливають на її стійкість, надано характеристику гідроколоїдів (АН, β -каррагінану, агару), які можуть бути використані для стабілізації структури кремів з пониженим вмістом жиру із збитих вершків, обґрунтовано доцільність використання ди- і моносахаридів при виробництві кремів.

У **другому розділі «Характеристика об'єктів і методів досліджень»** викладено методологічні основи та етапи проведення роботи. Розроблено блок-схему проведення досліджень (рис.1).



У дослідженнях використано: вершки молочні коров'ячі «Ферма» жирністю 20% і 33% (ТУ У 15,5-31984307-003:2006); альгінат натрію, j-каррагінан (ТУ 15-544-83); цукор білий кристалічний (ДСТУ 4623:2006); глюкозу (ДСТУ 4464:2005); фруктозу (ТУ 6-09-1979-72); лактулозу (ТУ У 15.8 – 33348888 – 007:2006).

Фізико-хімічні, органолептичні та мікробіологічні показники якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів визначали загальноприйнятими методами. Ступінь набухання – відношенням маси набухлих у воді і вершках пластинок полісахаридів до їх початкової маси, вираженого у відсотках; поверхневий натяг розчинів структуроутворювачів – сталагмометричним методом; кінематичну в'язкість розчинів структуроутворювачів – за допомогою скляного капілярного віскозиметра типу ВПЖ-1; дослідження мікроструктури кремів – на оптичному

тринокулярному мікроскопі; *структурно-механічні показники* – на Реотест-2 та структурометрі СТ-1; *кріоскопічну температуру* сумішей для кремів – на вимірювальному комплексі, розробленому науковцями кафедри теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ (рис.2). До складу комплексу входять: блок живлення (БЖ), пристрій для контролю температури з комплектом термопар з похибкою вимірювань не більше $0,05^{\circ}\text{C}$, блок вимірювання (БВ) та блок перетворення сигналу стандарту (БП), персональний комп'ютер (ПК). Спаї термопар діаметром $0,2\text{ мм}$ занурювали всередину зразка, що знаходився у металевій бюксі об'ємом 50 см^3 та поміщали у морозильну камеру з холодоагентом хладоном та температурою робочої камери -25°C .

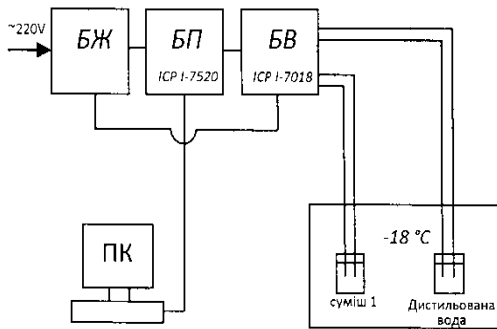


Рисунок 2– Схема установки

Автоматичний запис зміни температури проводили через однакові проміжки часу (1с) і відображали на ПК у вигляді діаграми, згідно якої знаходили кріоскопічну температуру або температуру початку замерзання. За кріоскопічною температурою розраховували кількість вимороженої води, $W\%$, за формулою:

$$w = 1 - \frac{(T_{кр} - 273,15)}{(T - 273,15)}$$

де: $T_{кр}$ – кріоскопічна температура, К; T – температура навколишнього середовища, К.

Обробка результатів досліджень проведена за допомогою програмного забезпечення: Microsoft Office 2007, Excel XP, ImageJX-40r та MathCad 11. Для оптимізації технологічних параметрів використовували метод математичного планування багатofакторного експерименту, опрацювання результатів – із застосуванням методу «крутого сходження» Бокса-Уілсона.

У третьому розділі «Практичні аспекти застосування полісахаридів для стабілізації кремів пониженої жирності із збитих вершків» обґрунтовано доцільність введення полісахаридів (АН, j-каррагінану, агару) для стабілізації емульсійно-пінної структури вершків з пониженим вмістом жиру, а також визначений спосіб внесення гідроколоїдів.

Встановлено, що АН, j-каррагінан, агар здатні до набухання у вершках, але завдяки наявності у складі вершків водорозчинних білків, мікро- і макроелементів, вітамінів, жирової фракції кількість води, доступної для їх гідратації зменшується і процес повного розчинення полісахаридів подовжується в $1,5...2$ рази (залежно від температури) порівняно з розчиненням у воді. Рекомендовано підвищити температуру розчинів до температур, що забезпечують отримання гомогенної консистенції найшвидше: для альгінату натрію – $358 - 363\text{ К}$ ($85 - 90^{\circ}\text{C}$); для j-каррагінану – $363 - 368\text{ К}$ ($90 - 95^{\circ}\text{C}$); для агару – 373 К (100°C).

Але, нагрівання розчинів потребує обов'язкового послідовного охолодження до рекомендованих технологічними інструкціями температур збивання вершків $275...277\text{ К}$ ($2...4^{\circ}\text{C}$), що спричиняє гелеутворення розчинів з полісахаридами. Встановлено, що запобігти гелеутворенню можна використанням співвідношення гідроколоїдів з вершками не менше як $1:40$ і введенням ЦБК (сахарози). Цукор, як дегідратуюча речовина по відношенню до полісахарида, обмежує набухання його макромолекул і гальмує їх з'єднання у сітку гелю (таблиця 1).

Таблиця 1 – Органолептичні показники колоїдних розчинів вершків

Склад зразків	Характеристика зразків
Альгінат натрію	
Альгінат натрію: вершки: ЦБК 1:40:1	Температура розчинення альгінату натрію 358 – 363 К (85 – 90°C). Отримали однорідний розчин, без грудкування. Під час його охолодження в'язкість підвищується. В інтервалі температур 298...283 К (25...10±2°C) в'язкість залишається практично сталою.
Ј-каррагінан	
Ј-каррагінан: вершки: ЦБК 1:40:20	Температура розчинення ј-каррагінану 363 – 368 К (90 – 95°C). Отримали слабкий гель. Під час охолодження до температури 278 К (5±2°C) гель не змінив колоїдного стану. При зберіганні на поверхні гелю утворюється тонка плівка, що зникає при перемішуванні.
Агар	
Агар: вершки: ЦБК 1:40:20	Температура розчинення агару 373 К (100°C). Отримали однорідний в'язкий розчин. Під час охолодження розчину до температури 308 К (35°C) суттєво збільшується його в'язкість і за температури 293 К (20°C) – відбувається гелеутворення.

Результати органолептичних показників дослідних систем показали, що оптимальним співвідношенням АН з сахарозою є 1:1, каррагінану – 1:20. При цьому 20% - максимальна рецептурна кількість цукру в кремах. Тобто, для АН можливим є використання мінімальної рецептурної кількості цукру, для ј-каррагінану необхідна кількість цукру – максимальна. Вважаємо, що такі відмінності пов'язані з різною молекулярною масою полісахаридів і швидкістю об'єднання ланцюгів у структурну сітку гелю. Напевно, молекула ј-каррагігану, взятого для досліджень, більша за молекулярною масою, ніж молекула АН, що пришвидшує гелеутворення і потребує більшого вмісту цукру для його гальмування. У розчинах з агаром понизити температуру гелеутворення додаванням цукру можливо лише до 308 К (35°C), і лише за умови введення всієї рецептурної кількості цукру – 20%. Охолодження розчину до нижчих температур призводить до утворення гелю з пружною структурою, що унеможливує його введення в процесі збивання вершків. Таким чином, агар не рекомендований нами для отримання кремів із збитих вершків.

Із урахуванням даних по підготовці структуроутворювачів вивчений процес збивання кремів, здійснено оптимізацію їх рецептурного складу та досліджено показники якості. Методом багатофакторного експерименту отримані системи рівнянь регресії в натуральному вигляді, які описують залежності збитості (Y_1) і стійкості (Y_2) кремів від концентрації АН або ј-каррагінану (G_1), часу збивання крему (G_2) і температури вершків (G_3):

<p><i>- для крему із збитих вершків з альгінатом натрію і сахарозою</i></p> $\begin{cases} Y_1 = 223,75 - 60,74 \cdot G_1 - 1,4 \cdot G_2 - 5,98 \cdot G_3 \\ Y_2 = 83,88 + 14,50 \cdot G_1 - 0,48 \cdot G_2 - 1,20 \cdot G_3 \end{cases}$	<p><i>- для крему із збитих вершків з ј-каррагінаном і сахарозою</i></p> $\begin{cases} Y_1 = 218,13 - 59,50 \cdot G_1 - 1,33 \cdot G_2 - 5,95 \cdot G_3 \\ Y_2 = 79,63 + 16,50 \cdot G_1 - 0,48 \cdot G_2 - 1,20 \cdot G_3 \end{cases}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Встановлено, що оптимальним вмістом як АН, так і каррагінану є 0,8% до маси вершків; оптимальною температурою збивання є 275...277 К (2...4°C); оптимальний час збивання з частотою обертів збивального органу 250 – 300с⁻¹ складає 14...16 хв. Такі параметри процесу забезпечують абсолютну стійкість системи і збитість, що не поступаються контрольному зразку.

У четвертому розділі «Закономірності формування емульсійно-пінної структури кремів із збитих вершків з різними видами цукрів» розглянуто можливість застосування фруктози, глюкози, лактулози в технології кремів пониженої жирності із збитих вершків, а також досліджені закономірності формування їх складної емульсійно-пінної структури.

Цукри вносили на заміну ЦБК у рівноцінній за СР кількості. Встановлено, що на етапі підготовки полісахаридів раціональним співвідношенням АН з вершками і фруктозою (або глюкозою) є 1:50:1; j-каррагінану з вершками і фруктозою (глюкозою) – 1:50:10. З'ясовано, що для запобігання гелеутворення j-каррагінану кількість моносахаридів доцільно зменшити вдвічі за кількість ЦБК. Це пов'язано з участю глюкози і фруктози в процесах меланоїдиноутворення та карамелізації і небажаним потемнінням розчинів у процесі нагрівання. Для запобігання забарвлення зразків додатково рекомендовано збільшити на 10% кількість вершків.

Оптимізація рецептурного складу кремів з моносахаридами дозволила отримати системи рівнянь регресії у натуральному вигляді залежностей збитості (Y_1) і стійкості (Y_2) кремів від концентрації структуроутворювача (G_1), часу збивання (G_2) і температури вершків (G_3):

<p>- для крему із збитих вершків з альгінатом натрію і фруктозою</p> $\begin{cases} Y_1 = 183,00 - 43,50 \cdot G_1 - 0,85 \cdot G_2 - 5,25 \cdot G_3 \\ Y_2 = 86,70 + 12,76 \cdot G_1 - 0,41 \cdot G_2 - 0,98 \cdot G_3 \end{cases}$ <p>- для крему із збитих вершків з j-каррагінаном і фруктозою</p> $\begin{cases} Y_1 = 166,13 - 40,50 \cdot G_1 - 0,73 \cdot G_2 - 4,40 \cdot G_3 \\ Y_2 = 90,69 + 9,26 \cdot G_1 - 0,51 \cdot G_2 - 1,33 \cdot G_3 \end{cases}$	<p>- для крему із збитих вершків з альгінатом натрію і глюкозою</p> $\begin{cases} Y_1 = 188,75 - 46,00 \cdot G_1 - 0,95 \cdot G_2 - 5,00 \cdot G_3 \\ Y_2 = 88,70 + 11,26 \cdot G_1 - 0,41 \cdot G_2 - 0,88 \cdot G_3 \end{cases}$ <p>- для крему із збитих вершків з j-каррагінаном і глюкозою</p> $\begin{cases} Y_1 = 210,22 - 56,26 \cdot G_1 - 1,26 \cdot G_2 - 6,18 \cdot G_3 \\ Y_2 = 91,40 + 9,76 \cdot G_1 - 0,44 \cdot G_2 - 1,49 \cdot G_3 \end{cases}$
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Показники якості отриманих кремів наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Показники якості кремів пониженої жирності із збитих вершків

Назва зразку	Показники якості крему		
	Збитість, %	Стійкість, %	Густина, кг/м ³
Крем із збитих вершків з альгінатом натрію і ЦБК	170±2	100	610±5
Крем із збитих вершків з альгінатом натрію і фруктозою	143±2	100	668±5
Крем із збитих вершків з альгінатом натрію і глюкозою	146±2	100	653±5
Крем із збитих вершків з j-каррагінаном і ЦБК	159±2	100	622±5
Крем із збитих вершків з j-каррагінаном і фруктозою	139±2	100	712±5
Крем із збитих вершків з j-каррагінаном і глюкозою	154±2	100	686±5

Встановили, що використання моносахаридів на заміну ЦБК зменшує збитість і підвищує густина кремів: при додаванні фруктози збитість крему на АН зменшується на 16% (густина збільшується на 10%), на j-каррагінані збитість зменшується на 13% (густина збільшується на 14%). Використання глюкози зменшує показники збитості крему на АН на 14% (густина збільшується на 7%), на j-каррагінані – на 3% (густина збільшується на 10%). Установлено, що такий вплив пов'язаний із більшими показниками в'язкості дисперсійного середовища і поверхневого натягу розчинів полісахаридів з глюкозою і фруктозою порівняно з розчинами полісахаридів і ЦБК.

Вивчено мікроструктуру пін (рис.3) і встановлено, що зразки в яких присутні полісахариди, суттєво відрізняються за характером пор.

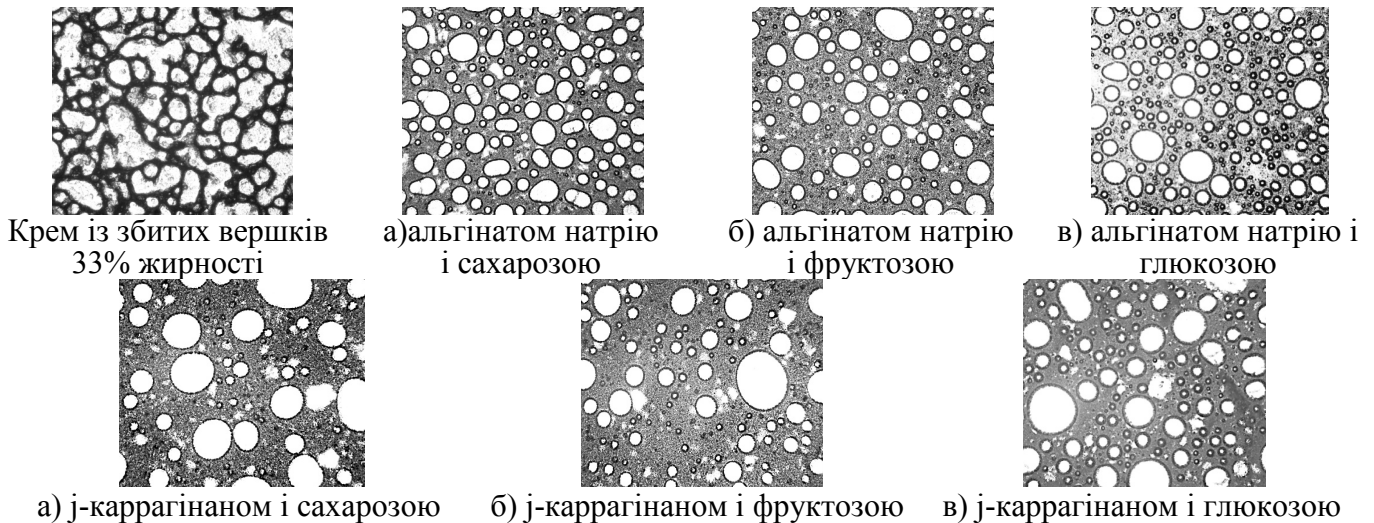


Рисунок 3 - Мікроструктура кремів із збитих вершків

На відміну від традиційних виробів на вершках жирністю 33%, дослідні креми з АН і κ -каррагінаном мають оформлений рисунок різних за об'ємом округлих пор, розподілених на відстані, більший у порівнянні з контрольним зразком. Мікроструктура піни контрольного зразка представлена неоднорідними включеннями повітря різного об'єму, не прослідковуються округлі форми пухирців повітря. Такий рисунок є підтвердженням механізму формування збитої емульсійно-пінної системи чистих вершків, який пов'язаний з отвердінням жирових кульок навколо захоплених пухирців повітря. Утворена система повністю залежатиме від температурного градієнту, що підтримується в процесі виробництва, оскільки незначне підвищення температури сприятиме плавленню молочного жиру і розшаруванню системи. Таким чином, більш структуроване середовище кремів із гідроколоїдами завдяки підвищенню в'язкості зменшує швидкість руху пухирців повітря за об'ємом і сприяє утримувannya їх відокремлено. Відмічено, що серед всіх зразків крем з АН більш насичений повітрям, візуально має більшу кількість однорідних за об'ємом пор. Пори рівномірно розподілені в об'ємі дисперсійного середовища, менші за розмірами, ніж пори кремів з κ -каррагінаном. У зразках з κ -каррагінаном наявні як крупні, так і дрібні пори, тому структура має меншу однорідність, що й обумовлює більші відстані між пухирцями повітря. Тому за значеннями об'ємної концентрації повітря зразки з АН перевищують зразки з κ -каррагінаном – на 30...40 % (залежно від виду цукру).

Встановлено, що свій вплив на мікроструктуру здійснює і вид цукрів, що вносяться в систему. У зразках як з АН, так і з κ -каррагінаном, глюкоза сповіщає найбільшу кількість дрібних пор, фруктоза – найбільших за об'ємом, що пов'язано із фізико-хімічними властивостями самих цукрів, в більшості – з розчинністю. Наприклад, глюкоза за температур збивання кремів 275...277 К (2...4°C) має досить низьку розчинність і найменшу серед всіх використовуваних цукрів; за низьких температур збивання глюкоза намагатиметься утворити кристалічну решітку внаслідок взаємодії між молекулами і перешкоджати тим самим розтягуванню плівок дисперсійного середовища в процесі збивання. Як наслідок, захоплення повітря здійснюється невеликими порціями. Висока розчинність фруктози, навпаки, сповіщає дещо більші у порівнянні з іншими дослідними цукрами показники в'язкості дисперсійного середовища, що сприяє захопленню меншої кількості повітря в систему і неоднорідності пор за об'ємом.

Залежності показника концентрації повітря в кремах від складу зразка збігаються із залежностями, визначеними під час вивчення впливу цукрів на збитість системи. Наприклад, збитість вершків з АН і сахарозою – 170%, з АН і глюкозою – 146%, з АН і фруктозою – 143%, а вміст повітря, відповідно – 51%, 44%, 40%. Збитість вершків з *γ*-каррагінаном і сахарозою складає 159%, з глюкозою – 154%, з фруктозою – 129%, а вміст повітря – 34, 30 і 22%, відповідно.

У процесі зберігання кремів частина дисперсної фази – повітря – втрачається, що пояснюється формуванням гідроколоїдами розвиненого гелеподібного каркасу за всім об'ємом дисперсійного середовища, фіксацією і ущільненням його структури внаслідок гелеутворення. Тобто, в цей період часу система залишається достатньо рухомою, що спричиняє витікання рідини по ламелам піни і злиття пор у більш крупні за розміром. Частина повітря при цьому не утримується і видаляється із крему, про що свідчить зменшення показника об'ємної концентрації повітря. Залежно від виду гідроколоїда, швидкості його гелеутворення, процес фіксації структури відбувається по-різному. Оскільки через 2 год витримання зразки з *γ*-каррагінаном втрачають до 15% повітря, а зразки з АН – до 17%, системи з *γ*-каррагінаном отримують стабільність дещо швидше.

Більш глибоко змінюються реологічні і пружно-пластичні характеристики кремів (табл. 4).

Таблиця 4 - Реологічні характеристики кремів із збитих вершків

№ поз.	Час зберігання	Ефективна в'язкість, Па·с		Міцність утвореної в системі надмолекулярної структури $\eta_0 - \eta_m$, Па·с	Характер 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}
		практично незруйнованої системи, η_0	практично зруйнованої системи, η_m						
Крем з альгінатом натрію і сахарозою									
1	Відразу після збивання	193,36	2,26	191,1	61,6	89	95,37	0,68	1,55
2	Через 120хв зберігання	225,44	2,56	222,88	75,1	104	110,7	0,72	1,47
Крем з альгінатом натрію і фруктозою									
1	Відразу після збивання	208,1	2,32	205,78	69,4	95	101,2	0,73	1,46
2	Через 120хв зберігання	233,25	2,81	230,44	77,7	104	115,6	0,75	1,49
Крем з альгінатом натрію і глюкозою									
1	Відразу після збивання	190,76	2,37	188,39	63,6	90	99,4	0,71	1,56
2	Через 120хв зберігання	219,37	3,03	216,34	73,1	115	124,3	0,63	1,71
Крем з <i>γ</i>-каррагінаном і сахарозою									
1	Відразу після збивання	43,35	0,39	42,96	14,5	32	40,46	0,452	2,8
2	Через 120хв зберігання	58,96	0,5	58,46	19,7	41	52,33	0,48	2,66
Крем з <i>γ</i>-каррагінаном і фруктозою									
1	Відразу після збивання	69,37	0,55	68,82	23,1	61	72,25	0,38	3,13
2	Через 120хв зберігання	90,18	0,61	89,57	30,0	68	78,9	0,44	2,6
Крем з <i>γ</i>-каррагінаном і глюкозою									
1	Відразу після збивання	56,36	0,46	55,9	18,8	32	43,35	0,59	2,3
2	Через 120хв зберігання	66,77	0,56	66,21	22,2	44	57,8	0,51	2,7

Характер змін кривих в'язкості і плинності всіх зразків кремів, встановлений під час реологічних досліджень кремів за температури 275...277 К (2...4°C), показує: із збільшенням напруги зсуву система руйнується і набуває течії. Для

зразків з полісахаридами відмічені різні значення початку плинності: для АН ~ 100 Па і більше, для β -каррагінану ~ 35 Па і вище, тобто, структури з АН і β -каррагінаном витримуватимуть різну інтенсивність механічного навантаження в процесі виробництва і оздоблення. Відмінності пояснюються механізмами їх гелеутворення у молочних продуктах. АН утворює тривимірну сітку гелю (кальцієвим зшиванням), а в молекулі β -каррагінану існує до 30 % сульфатних фрагментів, які перешкоджають утворенню багатшарових спіралей, тим самим зменшуючи міцність гелей. Тому гелі β -каррагінану відрізняються м'якою, еластичною структурою і у порівнянні з АН за менших навантажень піддаються руйнуванню.

У процесі зберігання структура кремів набуває більшої міцності порівняно з початковим станом, що пов'язано із розвитком гелеподібного структурного каркасу гідроколоїдів. Значення в'язкості практично незруйнованої системи для крему з β -каррагінаном за 120хв зберігання збільшується на 37%, крему з АН на 22%.

Найбільшу в'язкість здатні формувати полісахариди з фруктозою. Це узгоджується із результатами комплексу попередніх досліджень, в яких встановлено, що дисперсійне середовище кремів з фруктозою відрізняється найбільшими показниками кінематичної в'язкості. При визначенні пружно-пластичних деформацій кремів встановлено, що для всіх зразків пластична деформація набагато перевищує частку пружної (98 – 99% і 1– 2 %, відповідно). У процесі вистоювання співвідношення змінюються: для зразків з АН частка пружної деформації збільшується (в 1...3 рази), а для зразків з β -каррагінаном зменшується (у 2...4 рази). Тобто, в зразках з β -каррагінаном розвивається пластичність, а в зразках з АН – пружність. Отримані відмінності пов'язані з міцністю самого гелевого каркасу, утворюваного в системі і підтверджують пружний характер гелю АН, що здатний розвиватись у часі та еластичний – гелю β -каррагінану.

Підтверджуються відмінності у структуруванні систем з ди- і моносахаридами (рис.4).

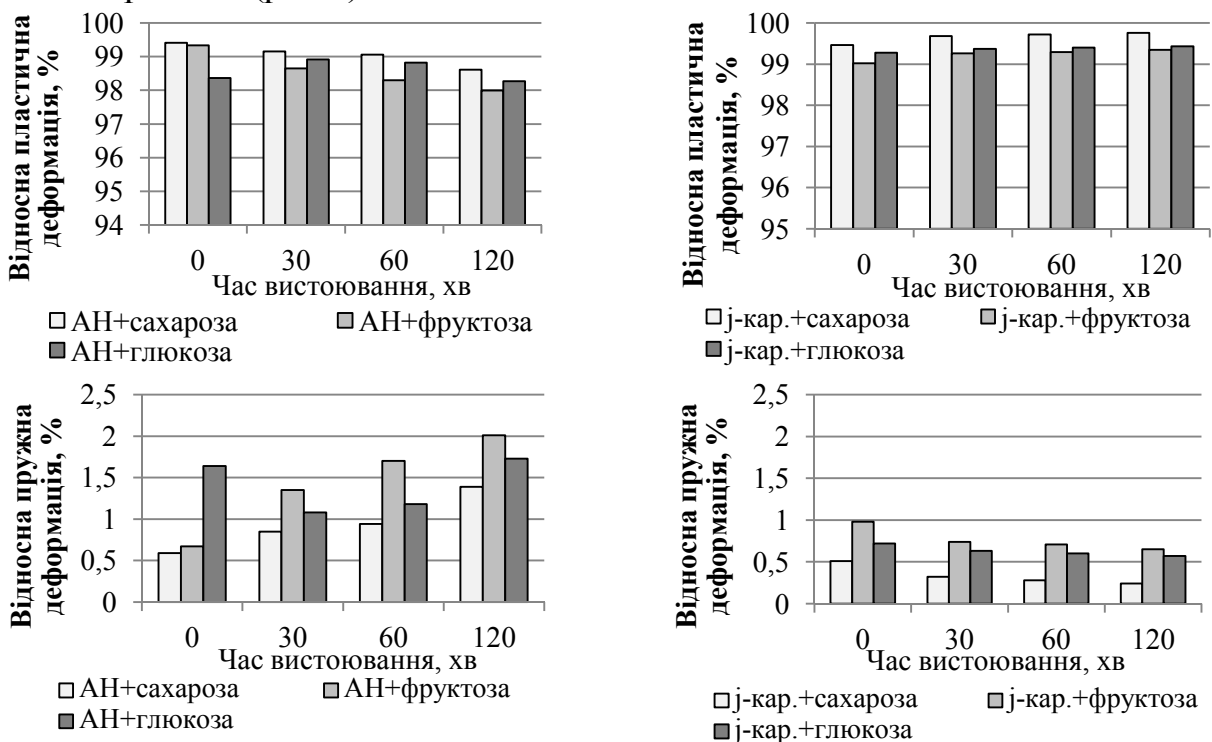


Рисунок 4 – Відносна деформація кремів із збитих вершків з полісахаридами і різними видами цукрів

Встановлено, що креми з сахарозою завдяки насиченню їх структури більшою кількістю повітря характеризуються меншою пружністю порівняно з кремами з моносахаридами. У свою чергу, креми з глюкозою і фруктозою мають більшу в'язкість і показник концентрації повітря в них менший, що закономірно відображається на більшій пружності систем.

Отримані результати визначили технологічну спрямованість кремів – креми з АН незалежно від виду цукру, можуть використовуватись для оздоблення поверхні випечених напівфабрикатів візерунками, а креми з λ -каррагінаном – для наповнення внутрішніх порожнин заварних, вафельних, листових напівфабрикатів.

З метою створення асортименту кремів функціонального спрямування дослідили вплив лактулози на якість емульсійно-пінної структури. Збиті вершків є натуральним джерелом молочнокислих бактерій, що може бути використано для створення продукції спеціального призначення. Лактулозу – потужний пребіотик, рекомендована норма споживання якого складає 10г на добу, вводили на заміну ЦБК, глюкози, фруктози в кількості 3 – 10г на 100г продукту. Вплив лактулози на показники якості кремів поданий в таблиці 5.

Таблиця 5 - Показники якості кремів із збитих вершків з введенням лактулози (3г на 100г продукту)

Назва зразку	Показники якості		
	Збитість, %	Стійкість, %	Густина, кг/м ³
Крем із АН з ЦБК і лактулозою	145±2	100	643±5
Крем із АН з фруктозою і лактулозою	132±2	100	743±5
Крем із АН з глюкозою і лактулозою	135±2	100	732±5
Крем із λ -каррагінан з ЦБК і лактулозою	138±2	100	655±5
Крем із λ -каррагінан з фруктозою і лактулозою	133±2	100	731±5
Крем із λ -каррагінан з глюкозою і лактулозою	134±2	100	727±5

З'ясовано, що додавання лактулози внаслідок підвищення в'язкості дисперсійного середовища погіршує показники піноутворення вершків. Так, введення цукру в кількості 3г на заміну сахарози знижує збитість кремів на 15 і 13% (відносно крему з АН і λ -каррагінаном, відповідно); при використанні лактулози в рецептурі кремів з фруктозою збитість знижується на 8 і 4% (для крему з АН і λ -каррагінаном, відповідно); для кремів з використанням глюкози і лактулози збитість знижується на 8 і 13% (для крему з АН і λ -каррагінаном, відповідно). Встановлено, що максимально можливою кількістю введення лактулози до складу кремів є 3г на 100г крему. Густина кремів з АН при цьому підвищується на 5% для крему з ЦБК і лактулозою, на 11% для крему з фруктозою і лактулозою, на 12% для крему з глюкозою і лактулозою; для крему з λ -каррагінаном – на 5% із ЦБК і лактулозою, на 3% для крему з фруктозою і лактулозою, на 6% для крему з глюкозою і лактулозою.

Суттєвий вплив лактулози на якість піноутворення вершків спричиняє зміни мікроструктури крему: діаметр пухирців повітря зменшується, а їх дисперсність збільшується, значно зменшується концентрація повітря в системах. Так, у зразках кремів з АН, сахарозою і лактулозою кількість повітря в системі в залежності від тривалості зберігання складає 23%...4% (з АН і лише сахарозою – 51%...16%); в кремах з АН, глюкозою і лактулозою – 18%...3% (з АН і лише глюкозою – 44%...13%); в кремах з АН, фруктозою і лактулозою – 17%...2% (з АН і лише фруктозою – 40%...12%). Додавання дисахариду підвищує показники ефективної

в'язкості кремів, що збільшує їх стійкість під час оздоблення, але негативно відображається на консистенції, зменшуючи збитість і пишність.

Встановлено, що структура кремів з лактулозою відрізняється більшими значеннями загальної деформації (для крему з АН, сахарозою і лактулозою одразу після збивання – на 2% (з фруктозою – на 10%; з глюкозою – на 17%); для кремів з j-каррагінаном, сахарозою і лактулозою – на 6% (з фруктозою – на 8%; з глюкозою – на 1%)). Пружна деформація зменшується (для крему з АН, сахарозою і лактулозою одразу після збивання – на 44% (з фруктозою – на 34%; з глюкозою – на 48%); для кремів з j-каррагінаном, сахарозою і лактулозою – на 8% (з фруктозою – на 20%; з глюкозою – на 7%)).

Результати структурно-механічних властивостей можуть бути пояснені визначеннями стану води в дослідних зразках. За температурою початку замерзання води ($T_{кр}$) розраховано кількість вимороженої води (w , %), яку характеризували як «вільну» (табл.6).

Таблиця 6 – Кількість вимороженої води в модельних системах

Склад модельної систем	$T_{кр}$, °K (°C)	W, %
Вершки 33% жирності	272,5 (-0,5)	97,2
Вершки 20% жирності	272,1 (-0,9)	95,0
Вершки 20% жирності + АН 0,3%	272,2 (-0,84)	95,3
Вершки 20% жирності + АН 0,9%	271,3 (-0,71)	96,1
Вершки 20% жирності + АН+сахароза	269,6 (-3,4)	81,1
Вершки 20% жирності + АН+фруктоза	267,8 (-5,2)	71,1
Вершки 20% жирності + АН + глюкоза	267,6 (-5,4)	70,0
Вершки 20% жирності + j-каррагінан 0,3%	272,3 (-0,7)	96,1
Вершки 20% жирності + j- каррагінан 0,9%	272,4 (-0,63)	96,5
Вершки 20% жирності + j- каррагінан +сахароза	269,9 (-3,1)	82,8
Вершки 20% жирності + j- каррагінан +фруктоза	268,5 (-4,5)	75,0
Вершки 20% жирності + j- каррагінан +глюкоза	267,9 (-5,1)	71,7
Вершки 20% жирності + АН+сахароза+лактuloза	270,1 (-2,9)	82,8
Вершки 20% жирності + АН+фруктоза+лактuloза	268,7 (-4,3)	76,1
Вершки 20% жирності + АН+глюкоза+лактuloза	268,3 (-4,7)	73,9
Вершки 20% жирності + j- каррагінан +сахароза+лактuloза	270,4 (-2,6)	74,4
Вершки 20% жирності + j- каррагінан +фруктоза+лактuloза	268,9 (-4,1)	76,7
Вершки 20% жирності + j- каррагінан +глюкоза+лактuloза	268,7 (-4,3)	76,1

Встановлено, що $T_{кр}$ і кількість вимороженої води суттєво залежить від якісного складу зразків. Так, зменшення вмісту жиру у вершках з 33 до 20% зменшує кількість «вільної» води, що пояснюється на нашу думку, різною кількістю білків у хімічному складі вершків. Білки молока, для яких характерна висока гідрофільність, збільшують кількість зв'язаної води. Приймаючи до уваги, що вершки 33% жирності містять 2,2% білків, а вершки 20% жирності – 2,5% білків, можна пояснити, що більша кількість білків у вершках 20% жирності зумовлює більшу кількість зв'язаної води.

Визначено, що введення гідроколоїдів, а також збільшення їх концентрацій збільшує вміст вільної води: кількість вимороженої води збільшується з 95,0 до 96,1% (для АН 0,9%) і до 96,5% (для j-каррагінану 0,9%). Такі результати не узгоджуються із головною функціональною здатністю структуроутворювачів –

збільшувати в'язкість дисперсійного середовища за рахунок зв'язування води. Вважаємо, що такі зміни пов'язані із взаємодіями АН або j-каррагінану з реакційними групами білків молока, внаслідок яких утворюється комплекс «білок – полісахарид». У таких складних структурах, на нашу думку, зменшується загальна гідрофільна здатність, оскільки частина реакційноздатних груп приймає участь у формуванні комплексу.

Із додаванням у середовище цукрів кількість вільної води суттєво зменшується і градус $T_{кр}$ суттєво знижується. Проте, він має відмінності для ди- і моносахаридів. Встановлено, що нижчі значення $T_{кр}$ для моносахаридів у порівнянні з дисахаридами пов'язані не з кількістю вільної води, а з величиною її кристалів, утворених в присутності цукрів. Згідно закону Рауля, зниження температури замерзання змінюється пропорційно концентрації розчиненої речовини. Оскільки 1 моль речовини містить однакою кількість молекул, то зниження температури замерзання залежатиме від кількості частинок розчиненої речовини. Звідси виходить, що за однаковою кількістю цукрів (за СР) в систему внесено молекул глюкози і фруктози в 1,9 разів більше, ніж молекул сахарози. Тобто величина кристалів води в середовищах з розчиненими глюкозою і фруктозою буде меншою, але їх кількість – більшою і температура замерзання – нижчою.

Різниця серед одномолекулярних цукрів (глюкози і фруктози або сахарози і лактулози) пояснюється ступенем гідратації. Серед кремів з глюкозою і фруктозою більшими значеннями кількості вільної води відрізняються креми з фруктозою, яка, напевно, має меншу гідратацію і, відповідно, зв'язує меншу кількість води.

При додаванні лактулози до систем з сахарозою, відбувається підвищення вмісту вільної води, оскільки лактулоза, на нашу думку, має меншу гідратаційну здатність. Введення лактулози до зразків з глюкозою і фруктозою змінює характер кристалізації і за її додавання збільшується кількість крупних кристалів, тому початок кристалізації відбувається за вищих температур.

У п'ятому розділі «Удосконалення технології і оцінка якості кремів пониженої жирності, у тому числі функціонального спрямування» обґрунтовано технологічний процес виробництва кремів пониженої жирності; досліджені органолептичні, фізико-хімічні і мікробіологічні показники продукції на відповідність стандарту.

Для приготування крему рецептурну кількість структуроутворювача змішують із ЦБК (фруктозою, глюкозою) у визначеному співвідношенні, вводять вершки, нагрівають до температури, близької 358 – 363 К (85...90°C) для АН і 363 – 368 К (90...95°C) – для j-каррагінану (для повного розчинення компонентів) і охолоджують до температури 283 К (10±2°C) для АН і 281...279 К (8...6°C) – для j-каррагінану. Основну частину вершків збивають із швидкістю робочого органу 250–300 с⁻¹, додають охолоджений розчин структуроутворювача, збивають 2–3хв, вводять цукри і закінчують процес через 10–12хв при отриманні стійкої, пишної маси крему. Для приготування кремів функціонального спрямування лактулозу вводять наприкінці збивання, за 2–3хв до закінчення, з метою максимального збереження її кількості. Технологічна схема виробництва кремів представлена на рисунку 5.

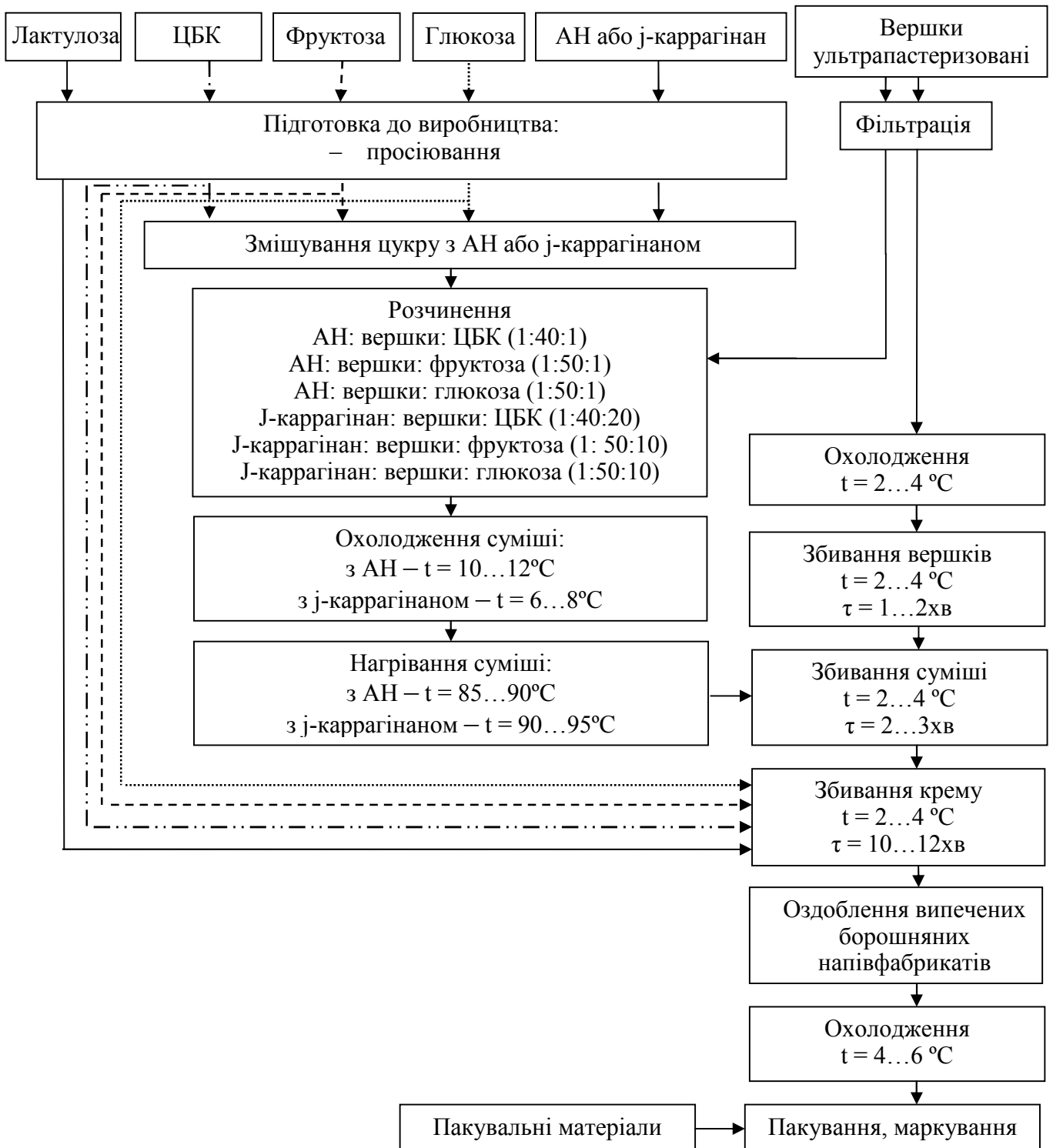


Рисунок 5 – Принципова технологічна схема виробництва кремів пониженої жирності із збитих вершків

Розроблені види кремів за фізико-хімічними і органолептичними показниками відповідають вимогам ДСТУ 4803:2007 «Торти і тістечка. Загальні технічні умови» (табл. 7). Такі показники, як кислотність і густина кремів нормативною документацією не нормуються, але вони потрібні для визначення якості продукції під час зберігання (за кислотністю), а також непрямим чином характеризують структуру (пишність) продукції (за густиною).

Таблиця 7 – Фізико-хімічні показники якості кремів із збитих вершків

Показник	Крем із збитих вершків						
	за ДСТУ крем	з АН і сахарозою	з АН і фруктозою	з АН і глюкозою	з j-кар. і сахарозою	з j-кар. і фруктозою	з j-кар. і глюкозою
Масова частка вологи,%	50±2	50±2	50±2	50±2	50±2	50±2	50±2
pH	–	6,84	6,83	6,86	6,83	6,86	6,85
Густина, кг/м ³	–	610±5	668±5	653±5	622±5	712±5	686±5
Крем із збитих вершків з лактулозою							
Масова частка вологи, %	50±2	50±2	50±2	50±2	50±2	50±2	50±2
pH	–	6,84	6,84	6,85	6,84	6,86	6,84
Густина, кг/м ³	–	643±5	743±5	732±5	655±5	731±5	727±5

Із урахуванням коефіцієнта вагомості кожного показника, визначили, що органолептична оцінка для всіх зразків відноситься до категорії «відмінно».

Відповідно до основної мети роботи – розроблення кремів пониженої жирності визначили частку зменшення енергетичної цінності запропонованих виробів у порівнянні з традиційними аналогами, а також визначили групу, до якої відносяться креми за показником глікемічності (ПГ) (табл.8).

Таблиця 8 - Енергетична цінність і ПГ кремів із збитих вершків

Крем	ЕЦ, кДж/100г продукту	% зниження ЕЦ	ПГ, %
– з вершків 33% жирності	1737	–	11,56
– з вершків 20% жирн., АН (j-кар.) і ЦБК	1155	33	16,65
– з вершків 20% жирн., АН (j-кар.) і фруктозою	1146	34	6,83
– з вершків 20% жирн., АН (j-кар.) і глюкозою	1109	36	26,02
– з вершків 20% жирн., АН (j-кар.), ЦБК і лактулозою	1151	34	16,11
– з вершків 20% жирн., АН (j-кар.), фруктозою і лактулозою	1155	35	6,85
– з вершків 20% жирн., АН (j-кар.), глюкозою і лактулозою	1176	32	24,32

Отримані результати дають можливість позиціонувати розроблені види кремів як продукцію з «пониженою калорійністю», оскільки частка зменшення енергетичної цінності складає більше 30%, а також як «низькоглікемічний продукт», оскільки ГІ кремів <55. Нові види крему відрізняються збалансованим солодким смаком, виразним вершковим запахом, однорідним натуральним кольором, пластичною консистенцією і зберігають надану при оздобленні форму, що підтверджує ефективність запропонованих у роботі нових технологічних рішень.

Встановлено, що мікробіологічні показники (кількість КМАФАМ, СУБ, дріжджів та пліснявих грибів) кремів упродовж всього терміну реалізації відповідають вимогам нормативної документації не тільки за рекомендованих температур зберігання, але й температур, за якими відбувається споживання продукції. Такий позитивний вплив, на наш погляд, здійснюють саме гідроколоїди – АН і j-каррагінан. За рахунок утворення комплексу з білками молока вони утворюють в системі стабільний колоїдний розчин, в якому утримується вода, знижуючи свою активність і доступність для розвитку мікроорганізмів.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз даних науково-технічної інформації та проведений комплекс експериментальних досліджень дозволили обґрунтувати та підтвердити позитивний вплив АН і j-каррагінану на формування якості кремів з пониженим вмістом жиру, що відповідає рекомендаціям ВООЗ по споживанню продукції з пониженою енергетичною цінністю і виключенням транс жирів.

2. Ефективність стабілізації емульсійно-пінної системи збитих вершків введенням АН і j-каррагінану забезпечується підвищенням в'язкості дисперсійного середовища і запобіганням тим самим швидкому плавленню жиру й коалесценції піни. Встановлено, що гідроколоїди здатні до необмеженого набухання у вершках, що не потребує додаткового введення води в рецептуру кремів, але потребуватиме нагрівання розчинів каррагінану в вершках до температури 363 – 368 К (90...95°C), АН – 358 – 363 К (85...90°C). З метою запобігання гелеутворенню отриманих розчинів під час охолодження рекомендовано вводити цукри – сахарозу, фруктозу, глюкозу, які обмежують набухання полісахаридів і уповільнюють розвиток гелеподібного каркасу, що дозволяє рівномірно внести суміш при збиванні охолоджених вершків. Агар не рекомендований до використання для стабілізації кремів із збитих вершків, оскільки під час охолодження утворює пружній гель, що унеможливорює його введення при збиванні вершків.

3. Оптимізовано рецептурний склад кремів із збитих вершків пониженої жирності з різними видами цукрів. Визначено зони оптимальних значень і найкращі співвідношення рецептурних компонентів для різних зразків кремів. Встановлено, що оптимальним вмістом як АН, так і j-каррагінану є 0,8% до маси вершків; оптимальною температурою збивання 275...277 К (2...4°C); оптимальний час збивання складає 14...16хв.

Визначено, що креми з моносахаридами мають меншу збитість порівняно зі зразками на цукрі білому: використання фруктози на заміну цукру білого зменшує збитість вершкового крему з АН – на 16 %, з j-каррагінаном – на 13%; використання глюкози – на 14% (з АН) і на 3% – з j-каррагінаном. Зменшення збитості емульсійно-пінної системи вершків із структуроутворювачами і моносахаридами у порівнянні з системами на сахарозі пов'язано із більшими значеннями кінематичної в'язкості і поверхневого натягу їх дисперсійних середовищ.

Визначено, що лактулоза негативно впливає на піноутворення вершків внаслідок підвищення в'язкості дисперсійного середовища. Збільшення концентрації поглиблює негативний вплив, тому оптимальним є введення 3г на 100 г продукту.

4. Доведено, що мікроструктура кремів з використанням вершків молочних 20% жирності і структуроутворювачів представлена округлими порами, рівномірно розподіленими в об'ємі дисперсійного середовища, що відрізняється від рисунку структури крему традиційного, на вершках жирністю 33%. Такі зміни пояснюються впливом АН і j-каррагінану на в'язкість суміші під час збивання і відповідними змінами в механізмі формування піни.

Встановлено, що зразки з глюкозою і фруктозою, незалежно від структуроутворювача, характеризуються порами з найменшою площею у порівнянні зі зразками з сахарозою, що пояснюється меншими значеннями піноутворення і їх системі.

5. Визначено, що креми з АН і будь-яким цукром мають більші показники ефективної в'язкості порівняно з кремами на j-каррагінані, а серед кремів з різними видами цукрів найбільші показники ефективної в'язкості відмічені для кремів з

фруктозою, що узгоджується з найбільшими показниками кінематичної в'язкості їх колоїдних розчинів.

У структурі всіх видів кремів розвиток пластичних деформацій складає 98-99%, що обумовлює значний запас часу для оздоблення. В процесі зберігання креми матимуть достатню пластичність для формування візерунків і наповнення ними випечених напівфабрикатів.

6. Установлені відмінності $T_{кр}$ і кількості вимороженої води для модельних систем кремів, які свідчать, що додавання як АН, так і j-каррагінану збільшує кількість вимороженої води у порівнянні з чистими вершками. Це пояснюється взаємодіями структуроутворювачів з реакційними групами білків молока і зменшенням кількості гідрофільних груп.

Визначено, що моносахариди, мають нижчі значення $T_{кр}$ у порівнянні із ЦБК, що пов'язано із характером кристалізації і величиною утворених кристалів в системі. Серед кремів з глюкозою і фруктозою більшими значеннями кількості вільної води відрізняються креми з фруктозою, яка, на нашу думку, має меншу гідратацію.

7. Удосконалено технологічну схему виробництва кремів з пониженим вмістом жиру і визначені показники якості готової продукції. Встановлено, що ЕЦ розроблених кремів зменшується на 33 – 36%, що позиціонує розроблені види кремів як продукцію з «пониженою калорійністю». Креми з лактулозою заслуговують назви «функціональний продукт», оскільки частка лактулози забезпечує 30% рекомендованої щоденної норми її споживання як пребіотика.

Визначено, що зразки кремів з пониженим вмістом жиру відносяться до харчових продуктів з високою активністю води, але за мікробіологічними показниками відповідають вимогам ДСТУ 4803:2007 «Торти і тістечка» протягом всього терміну зберігання, що вказує на їх харчову безпечність.

8. Розроблено та затверджено рецептури, технологічні інструкції на нові види кремів із збитих вершків, продукція пройшла виробничі випробування в умовах кондитерських цехів ТОВ «Твич» (м. Київ) і ПП «Сузір'я солодощів» (м. Боярка, Київської обл.). Технологію кремів впроваджено на ПП «Сузір'я солодощів». Собівартість нових видів кремів порівняно з традиційними на вершках 33% жирності нижча на 28...36% (для кремів з полісахаридами і різними видами цукрів) і на 7...18% (для кремів у складі яких міститься лактулоза).

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Корзун, В.Н. (2015). Шляхи підвищення якості вершкового крему. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, №09 (130), 10-14. (Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук).

2. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Камбулова, Ю.В., Соколовська, І.О., Кобилінська, О.В., Колесник, М. (2016). Дослідження процесу набухання полісахаридів для використання в технології вершкових кремів. *Харчова наука і технологія*, Т. 10, № 2, 24-31. (Науково-виробничий журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах: *Directory of Open Access Journals, Index Copernicus International, Google Scholar, The CiteFactor, Open Academic Journals Index*).

3. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Кобилінська, О.В., Яценко, В.М. (2017). Реологічні властивості вершкових кремів зниженої жирності з полісахаридами і різновидами цукрів. *Продовольча індустрія АПК.*, №6, 24-28. (Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах: *Index Copernicus, EBSCOhost, Universal Impact Factor, Google Scholar*).

4. Грегірчак, Н.М., Українець, О.О., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Кобилінська, О.В., Камбулова, Ю.В. (2017). Мікробіологічний аналіз вершкових кремів зниженої жирності. *Наукові праці НУХТ*, Том 23. №3, 238-245. (Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах *Index Copernicus, Google Scholar*).

5. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Колодзинський, Р.І., Масліков, М.М., Кобилінська, О.В., Камбулова, Ю.В. (2017). Кріоскопічна температура вершкових кремів пониженої жирності. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*, №18, 75-82. (Міжнародний науковий журнал; індексується в міжнародних наукометричних базах *Index Copernicus, ResearchBib, Open Academic Journals Index, Scientific Indexing Services*).

6. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Камбулова, Ю.В. (2015). *Шляхи удосконалення технології низькокалорійного вершкового крему*. Програма і матеріали 81 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 23-24 квітня 2015 р. Київ: НУХТ.

7. Zvyagintseva–Semenetc, Y., Kobylinska, O., Kambulova, Y. (2016). *Low-calorie creams based on fresh milk cream*. Food Science for well-being: 8th Central European Congress on Food 2016:book of Abstracts, 23-26 May 2016. Kiev: NUFT.

8. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Камбулова, Ю.В., Кобилінська, О.В. (2015). *Перспективи виробництва вершкового крему*. Програми і матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» 9 вересня 2015 р. Київ: НУХТ.

9. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Колесник, М., Кобилінська, О.В. (2016). *Вивчення гідрофільних властивостей гідроколоїдів в складних емульсійно-пінних системах*. Програма і матеріали 82 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 13-14 квітня 2016 р. – К.:НУХТ, 2016 р. Київ: НУХТ.

10. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Денисюк, А., Кобилінська, О.В. (2017). *Вивчення структурно-механічних властивостей вершкових кремів пониженої жирності*. Програма і матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 5-6 квітня 2017 р. – К.:НУХТ, 2017 р. Київ: НУХТ.

11. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Дідур, А., Кобилінська, О.В., Камбулова, Ю.В. (2017). *Мікроструктура вершкових кремів з різновидами цукрів*. Програма і матеріали Міжнародної спеціалізованої наукової-практичної конференції «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві», 13 вересня 2017 р. Київ: НУХТ.

12. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Корзун, В.Н., Жарук, Т.М. (2016). Патент України 112822 на винахід «Вершковий крем», Київ: Державне патентне відомство України.

13. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенець, Ю.П. (2017). Патент України 113391 на корисну модель «Вершковий крем», Київ: Державне патентне відомство України.

14. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Борисюк, Т.М. (2018). Патент України 116225 на винахід «Вершковий крем», Київ: Державне патентне відомство України.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, участь в обробці та узагальненні результатів, підготовка матеріалів до публікації [1-5], підготовка матеріалів тез доповідей [6-11], проведення патентного пошуку, підготовка матеріалів до патентування [12-14].

АНОТАЦІЯ

Звягінцева-Семенець Ю.П. Удосконалення технології низькокалорійних кремів із збитих вершків шляхом використання гідроколоїдів та цукрів – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2018.

Дисертацію присвячено питанню удосконалення технології кремів пониженої жирності із збитих вершків з використанням полісахаридів рослинного походження (альгінату натрію, λ -каррагінану, агару) і цукрів (сахарози, фруктози, глюкози, лактулози). Встановлені раціональні співвідношення основних рецептурних компонентів, які забезпечують необхідні органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості кремів. Вивчені і обґрунтовані технологічні параметри виробництва кремів пониженої жирності із збитих вершків.

Удосконалення рецептурного складу кремів зменшує енергетичну цінність продукції на 33 – 36%, що забезпечує їй статус «продукції з пониженою калорійністю», а також дозволяє створити продукцію функціонального спрямування з лактулозою і функціонально-дієтичного – з фруктозою. Всі вироби відносяться до виробів з пониженою глікемічністю ($IG < 55$), мають собівартість на 30% нижчу за традиційні аналоги. Здійснено комплекс заходів з впровадження технологій у виробництво та навчальний процес.

Ключові слова: вершки молочні коров'ячі, емульсійно-пінні системи, альгінат натрію, λ -каррагінан, сахароза, фруктоза, глюкоза, лактулоза.

ANNOTATION

Zvyagintseva-Semenec Yu.P. Improving the technology of low-calorie creams from churned cream by using hydrocolloids and sugars - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.18.01 - Technology of bakery products, confectionery and food concentrates - National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the improving the technology of low fat cream from churned cream with the use of plant polysaccharides. The rational proportions of the main prescription components are studied, which provide the necessary organoleptic, physical and chemical, structural and mechanical indicators of the quality of the creams. The technological parameters of production of low-calorie creams from churned cream are studied and justified.

The efficiency of stabilizing the emulsion-foam system of churned cream has been proved by the introduction of sodium alginate and λ -carrageenan to creams, which can increase the viscosity of the dispersion medium, preventing the rapid fusion of fat and coalescence of foam.

It has been established that sodium alginate and λ -carrageenan are capable of infinite swelling in cream. For the most complete dissolution of polysaccharides, the recommended temperatures are: for carrageenan – up to 90...95°C, for sodium alginate – up to 85...90°C. In order to prevent gel formation of the resulting solutions during cooling in a mixture of hydrocolloids and cream, it is recommended to administer sugar that restricts the swelling of the polysaccharide and slows down the development of its gel-shaped framework.

When studying the structural and mechanical properties of cream made from churned cream, it has been proved that during withstanding samples of semi-finished products become stable and reduce the deformation, which is a confirmation of the development of the reticulated structure of jelly of structure formers. For all types of experimental creams, the development of plastic deformation far exceeds the development of springy. In the general deformation, the fraction of plastic is 98–99%, the remainder comes from the springy fraction. In the process of withstanding of creams there are changes: the proportion of springy deformation for samples with sodium alginate increases, and for samples with j-carrageenan decreases.

It is proved that the change in the prescription composition of the cream substantially changes its microstructure. In low-calorie creams using 20% milk cream, a significant influence on the size of the vesicles is made by the structure former. So, in samples of creams with sodium alginate and j-carrageenan pores with a smaller areadominate, the structure of cream is little-dispersed, has uniformity.

The influence of fructose, glucose, lactulose on the quality indicators of cream from churned cream has been studied. It has been established that under the influence of monosaccharides there is a decrease in churning and increase in the density of creams in comparison with samples on sucrose which imposes its imprint on the microstructure of creams. Thus, samples with glucose and fructose, irrespective of the structure-forming agent, are characterized by a high content of pores with the smallest area compared with samples with saccharose.

It was investigated that the highest indexes of effective viscosity are characteristic of fructose polysaccharides. This is consistent with the results of studies in which it has been established that the dispersion medium of fructose creams is distinguished by the highest viscosity indexes.

It is proved that the introduction of lactulose significantly influences the microstructure of creams, when the disaccharide is added to the composition of creams the number of air bubbles decreases, and their dispersion increases. This imposes a stroke on the structural and mechanical properties of creams: the system acquires a greater effective viscosity compared with control samples.

It has been determined that the use of formulation agents in recipes of creamy creams with a reduced energy value substantially changes the index of cryoscopic temperature. Addition sodium alginate and j-carrageenan increases the cryoscopic temperature compared with pure cream of 20% fat.

It was found that monosaccharides, glucose and fructose, have lower values of the cryoscopic temperature of experimental samples compared with saccharose, which is due to the nature of crystallization and the magnitude of the formed crystals in the system. Among creams with glucose and fructose, creams with fructose have higher values of the amount of free water, which has less hydration.

It is estimated that the energy value of the developed creme formulations is lower by about 33 – 36% compared to creams made on the basis of cream with a fat content of 33%.

Key words: emulsion-foam system, dairy cow cream, sodium alginate, j-carrageenan, sucrose, fructose, glucose, lactulose.