

Технологічні науки

УДК 664.685.6

Звягінцева-Семенець Юлія Петрівна

аспірант

Національного університету харчових технологій

Звягинцева-Семенец Юлия Петровна

аспирант

Национального университета пищевых технологий

Zvyagintseva-Semenets Yulia

Graduate Student of the

National University of Food Technologies

Колодзинський Роман Ігорович

аспірант

Національного університету харчових технологій

Колодзинский Роман Игоревич

аспирант

Национального университета пищевых технологий

Kolodzinskyu Roman

Graduate Student of the

National University of Food Technologies

Масліков Максим Михайлович

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри процесів і апаратів харчових виробництв

Національний університет харчових технологій

Масликов Максим Михайлович

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры процессов и аппаратов пищевых производств

Национальный университет пищевых технологий

Maslikov Maksim

*Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor of the Department of Processes
and Apparatuses of Food Production
National University of Food Technologies*

Кобилінська Олена Валеріївна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів
Національний університет харчових технологій*

Кобылинская Елена Валериевна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры технологии хлебопекарных и кондитерских изделий
Национальный университет пищевых технологий*

Kobylynskaia Elena

*Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor of the Technology of Bakery and Confectionery
National University of Food Technologies*

Камбулова Юлія Вікторівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів
Національний університет харчових технологій*

Камбулова Юлия Викторовна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры технологии хлебопекарных и кондитерских изделий
Национальный университет пищевых технологий*

Kambulova Yulia

*Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor of the Technology of Bakery and Confectionery
National University of Food Technologies*

**КРИОСКОПИЧНА ТЕМПЕРАТУРА ВЕРШКОВИХ КРЕМІВ
ПОНИЖЕНОЇ ЖИРНОСТІ
КРИОСКОПИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА СЛИВОЧНЫХ КРЕМОВ
ПОНИЖЕННОЙ ЖИРНОСТИ
CRYOSKOPIC TEMPERATURE OF REDUCED FATTY CREAM**

Анотація. У статті наведені результати визначення криоскопічної температури вершкових кремів з пониженим вмістом жиру. Показаний вплив альгінату натрію і j-каррагінану на характер замерзання води в системі. Надано пояснення більших значень криоскопічної температури вершків із структуроутворювачами у порівнянні з чистими вершками.

Встановлені відмінності у параметрах заморожування кремів з сахарозою, глюкозою, фруктозою. Встановлено, що моносахариди, – глюкоза і фруктоза, мають нижчі значення криоскопічної температури у порівнянні із сахарозою, що пов'язано із характером кристалізації і величиною утворених кристалів в системі. За однакової хімічної формули і молекулярної маси цукрів величина криоскопічної температури залежатиме від гідратації цукрів.

Ключові слова: вершкові креми, альгінат натрію, j-каррагінан, криоскопічна температура, сахароза, фруктоза, глюкоза, заморожування кремів.

Аннотация. В статье приведены результаты определения криоскопической температуры сливочных кремов с пониженным содержанием жира. Показано влияние альгината натрия и j-каррагинана на характер замерзания воды в системе. Предоставлено объяснение больших значений криоскопической температуры сливок со структурообразователями по сравнению с чистыми сливками.

Установлены различия в параметрах замораживания кремов с сахарозой, глюкозой, фруктозой. Установлено, что моносахариды, - глюкоза и фруктоза, имеют низкие значения криоскопической

температуры по сравнению с сахарозой, что связано с характером кристаллизации и величиной образованных кристаллов в системе. При одинаковой химической формуле и молекулярной массе сахаров величина криоскопической температуры будет зависеть от гидратации сахаров.

Ключевые слова: *сливочные крема, альгинат натрия, j-каррагинан, криоскопическая температура, сахароза, фруктоза, глюкоза, замораживание кремов.*

Summary. *The article presents the results of determination of the cryoscopic temperature of cream with low fat content. The influence of sodium alginate and j-carrageenan on the nature of freezing of water in the system is shown. The explanation of the bigger values of the cryoscopic temperature of the cream with the structure-forming agents in comparison with the pure cream is given.*

The differences in parameters of freezing of creams with sucrose, glucose, fructose are established. It was established that monosaccharides glucose and fructose, have lower values of cryoscopic temperature in comparison with sucrose due to the nature of crystallization and the magnitude of the formed crystals in the system. If there is the same chemical formula and molecular weight of sugars the value of cryoscopic temperature will depend on the hydration of sugars.

Key words: *cream creams, sodium alginate, j-carrageenan, cryoscopic temperature, sucrose, fructose, glucose, freeze creams*

Вступ. *Значення фізичних і теплофізичних характеристик продукту дозволяють підібрати оптимальні температурні режими його технологічної переробки, зберігання, транспортування тощо.*

Креми із збитих вершків, що використовуються для оздоблення тортів і тістечок, містять до 50% вологи, яка знаходиться у різних формах зв'язку з матеріалом. Співвідношення вільна/зв'язана вода буде визначати і

пояснювати формування структурно-механічних властивостей, впливати на їх якість під час збивання, оздоблення, реалізації.

Дослідниками [1] здійснено комплекс технологічних рішень щодо розроблення способу отримання кондитерських кремів із вершків молочних жирністю 20%, що зменшує вміст жиру на 46% у порівнянні з традиційними рецептурами і на 29% загальну калорійність. Робота проводилась з метою зниження енергетичної цінності кондитерських виробів і виключення з рецептур транс-жирів згідно рекомендацій ВООЗ [2]. Для забезпечення стабільності складної емульсійно-пінної структури і необхідних показників якості кремів авторами введені альгінат натрію або λ -каррагінан. Отримана продукція має високі органолептичні показники, споживчі властивості, а введені структуроутворювачі надають кремам оздоровчої спрямованості [3]. У продовженні напрямку розширення асортименту вершкових кремів пониженої жирності для дитячого, дієтичного (діабетичного) харчування вивчено закономірності утворення складної емульсійно-пінної структури вершкового крему пониженої жирності в присутності інших видів цукрів, які застосовуються в кондитерській промисловості – глюкози, фруктози.

Введення різновидів цукрів закономірно змінює структурно-механічні властивості, такі як пружність і пластичність, опір деформації, що викликає необхідність у визначенні стану форм зв'язку води дисперсійного середовища кремів. Вважали за потрібне визначити криоскопічну температуру дослідних зразків кремів із збитих вершків. Криоскопічна температура ($t_{кр}$) продукту або температура початку його замерзання, пов'язана із отвердінням вільної води, що знаходиться у складі харчового продукту. Цей показник дозволить визначити і характеризувати вплив конкретної сировини на вміст зв'язаної вологи в кремах.

Літературний огляд. Всі чисті речовини характеризуються суворо визначеною температурою замерзання. Температура замерзання чистої води, яка є основою більшості дисперсійних середовищ кондитерських

виробів, за нормального атмосферного тиску складає 0°C. Присутність розчиненої речовини у воді знижує точку (або температуру) замерзання розчинника, і тим сильніше, чим більша концентрація розчину. Тому розчини замерзають за більш низьких температур, ніж чисті речовини. Зниження температури є прямим наслідком зниження тиску пари розчинів. Більш низька температура замерзання розчину у порівнянні з чистим розчинником пояснюється тим, що температура замерзання є тією температурою, за якої одночасно можуть існувати тверда і рідка фази даного розчину. Згідно закону Рауля [4] тиск насиченої пари кожної рідини за певної температури є величина постійна. При розчиненні в рідині будь-якої твердої речовини тиск пари рідини знижується. Відповідно, тиск пари розчинника над розчином завжди нижче тиска пари чистого розчинника за однієї й тієї ж самої температури. Різниця між числовими значеннями тиску пари чистого розчинника і пари розчину називається зниженням тиску пари розчинника над розчином.

Існує достатньо робіт щодо досліджень кріоскопічної температури для харчових продуктів. Як правило, дослідження присвячені вивченню поведінки харчових продуктів під час заморожування з метою рекомендації оптимальних режимів зберігання і заморожування.

Поряд з цим достатньо докладно кріоскопічні температури і стан води при охолодженні і замерзанні вивчались для морозива. Цей показник є одним із значущих при охолодженні і закалюванні продукту і дозволяє встановлювати режими і параметри його технологічного процесу. Докладно процеси кристалоутворення вивчені дослідниками Канадського університету [5]. Вони установили, що харчові продукти, які зберігаються за знижених температур можуть містити висококонцентровану фазу, яка приймає участь і підтримує небажані реакції структурного колапсу, зростання кристалів і ферментативної активності, погіршують загальні текстурні та якісні показники продукту. Наявні в рецептурному складі морозива полісахаридні стабілізатори з високою молекулярною масою в

незначних концентраціях для заморожених продуктів гальмують нарощування льоду під час зберігання. М.Е. Sahagian and Н.Д. Goff [5] припустили, що дія стабілізатора може бути пов'язана із зміною реологічних та в'язкопружних реакцій системи при низьких температурах.

Американські вчені Martini інші [6], опублікували докладну інформацію про структуру заморожених концентрованих водних розчинів як приклад харчових систем. Вони встановили, що в таких структурах вся заморожена вода розділена на лід (заморожена фаза) і матрицю з висококонцентрованою розчину (кріоконцентрована фаза). Незамерзаюча матриця містить максимально можливу концентрацію розчиненої речовини. За температур, нижчих температури замерзання, концентрована матриця піддається скляному переходу, змінюючи видимий стан від в'язкого до скляного. Температура склоутворення буде залежати в більшості від складу системи. Наявні в системі стабілізатори структури значно впливають на в'язкість висококонцентрованих матриць, але їх ефект не пов'язаний із зміною загальних дифузійних властивостей води або молекул присутнього в системі цукру. І кількість льоду, що утворюється в системі під час заморожування, пов'язано із досягнутою кінцевою температурою та залежать від рецептурного складу системи.

Ученими [7] продовжені дослідження та аналізу впливу макромолекул полісахаридів на кількість льоду та молекулярну залежність води в кріоконцентрованій фазі та співставлені результати досліджень з реологічною поведінкою систем.

Встановлено, що додавання полісахаридів до цукрових водних розчинів (наприклад і сахарози або фруктози) істотно не впливає на вміст льоду в системах. Вміст льоду більшою мірою залежить від типу цукру. Всупереч очікуванням, більш жорсткі, менш рухомі структури кріоконцентрованої фази пов'язані з більш слабкою (за реологією) структурою всієї системи (заморожена фаза + кріоконцентрована фаза). В результаті міжфазної взаємодії під впливом низьких температур

кріоконцентрована фаза, що містить полісахариди, отримує механічне руйнування структури, що і пояснює отримані результати. Це доводить, що ефекти додавання гідроколлоїдів у заморожені системи, такі як морозиво, пов'язані з декількома факторами: змінюють текстурних властивостей під впливом льодоутворення, характеристикою кріоконцентрованої фази і межфазними взаємодіями. Вченими доведено, що стабілізуючий ефект, приписуваний гідроколоїдам, лише частково може бути пов'язаний з їх впливом на молекулярну мобільність і дифузійну залежність процесу кристалізації.

Українськими вченими [8] встановлені закономірності зміни кріоскопічної температури сумішей морозива молочного від його рецептурно складу. Вивчений вплив багатоатомних спиртів і інвертного цукру, які використовувались для повної заміни цукру на параметри льодоутворення сумішей морозива. Виявили закономірності зміни кріоскопічної температури залежно від молекулярної маси поліолів [9].

Останнім часом цікавими стали дослідження щодо заморожування тортів і тістечок. З'явилися поодинокі дослідження параметрів процесу заморожування оздоблювальних напівфабрикатів у їх складі. Наприклад, вченими [10] за допомогою визначеної кріоскопічної температури запропонований метод розрахунку часу охолодження тортів бісквітних з масляним кремом. У статті наводяться дані кріоскопічної температури крему масляного яка складає $-6...-8$ °C.

Науковцями [11] визначені параметри заморожування і якість білкових кремів зниженої цукромісткості. Автори відмічають, що структуроутворювачі альгінат натрію і пектин які введені в рецептуру кремів для збереження стійкості пінних систем забезпечують стабільні структурно-механічні характеристики кремів протягом 30 діб зберігання за температури -30 °C. Це надає можливості застосовувати запропоновані наукові підходи в технологіях тортів і тістечок.

Таким чином, узагальненої інформації щодо заморожування кремів із збитих вершків або емульсійно-пінних систем з полісахаридами висвітлено недостатньо. Структура даного оздоблювального напівфабрикату схожа на структуру морозива але має деякі відмінності в рецептурному складі, особливо в кількості і якості застосовуваних жирів, не піддається глибокому заморожуванню, тому потребує додаткових досліджень.

Метою роботи стало визначення кріоскопічної температури для пояснення впливу компонентів рецептурного складу вершкового крему на ступінь зв'язування води.

Об'єкти і методи досліджень. Об'єктами досліджень були модельні системи збитих вершків з додаванням структуроутворювачів, а також зразки вершкових кремів із збитих вершків 20% жирності.

У ході дослідження використано наступну сировину:

- цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006,
- вершки «Ферма» жирністю 20% згідно ТУ У 15,5-31984307-003:2006;
- желатин харчовий згідно з ГОСТ 11293-89;
- альгінат натрію, j-каррагінан (компанія «GE RoesperGmbH», Німеччина);
- глюкозу (кількість сухих речовин – 89,2%), фруктозу(кількість сухих речовин – 97,4%).

Цукри вносили в однаковій за сухими речовинами кількості.

Характеристика дослідних зразків надано в таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептурний склад об'єктів досліджень

№ п/п	Рецептурний склад зразків
1	Вершки молочні 33% жирності
2	Вершки молочні 20% жирності
3	Вершки молочні 20% жирності, альгінат натрію 0,3%

4	Вершки молочні 20% жирності, альгінат натрію 0,9%
5	Вершки молочні 20% жирності, j-каррагінан 0,3%
6	Вершки молочні 20% жирності, j-каррагінан 0,9%
7	Вершки молочні 20% жирності, альгінат натрію 0,9%, сахароза
8	Вершки молочні 20% жирності, альгінат натрію 0,9%, глюкоза
9	Вершки молочні 20% жирності, альгінат натрію 0,9%, фруктоза
10	Вершки молочні 20% жирності, j-каррагінан 0,9%, сахароза
11	Вершки молочні 20% жирності, j-каррагінан 0,9%, глюкоза
12	Вершки молочні 20% жирності, j-каррагінан 0,9%, фруктоза

Для приготування крему на альгінаті натрію рецептурну кількість структуроутворювача змішували із цукровою пудрою (або глюкозою чи фруктозою) 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 частини вершків і збивали з поступовим додаванням решти цукрів.

Для приготування вершкових кремів з j-каррагінаном структуроутворювач перемішували із цукрами (для сахарози у співвідношенні 1:1, для фруктози у співвідношенні 1:, і для глюкози у співвідношенні 1:), розводили вершками, нагрівали до повного розчинення в інтервалі температур 90...95°C і охолоджували до температури 15±2°C. Охолоджений розчин вносили до основної частини вершків і збивали з поступовим додаванням решти цукрів.

Вимірювання кріоскопічної температури здійснювали за допомогою вимірювального комплексу, розробленого на кафедрі теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ . До складу комплексу входять пристрій для контролю температури з комплектом мідьконстантанових термоелектричних перетворювачів (термопар) типу Т з похибкою вимірювань не більше 0,05°C, блок вимірювання ICP i7018 та блок перетворення сигналу стандарту RS-485 – RS-232 марки ICP i7020.

Реєстрацію значень температури здійснювали за допомогою персонального комп'ютера за допомогою програми NDCONUTIL v.3xx, що дало можливість автоматизувати вимірювання та підвищити їх точність. Вказана система відрізняється низькою інерційністю та високим відтворенням результатів вимірювань.

Вимірювання проводили наступним чином. Спаї термопар діаметром 0,2 мм розміщували всередині зразка, що знаходився у металевій буюксі об'ємом 50 см³ та вмішували до морозильної камери марки SAMSUNG з холодильним агентом хладоном R134a та температурою робочої камери – 18°C. Автоматичний запис зміни температури до файлу проводили через однакові проміжки часу (1 с). Для підвищення точності вимірювання для кожного зразка проводили за допомогою 6 термопар, результати яких усереднювались. Для компенсації можливих коливань показів контролера одночасно із зразками проводили вимірювання температури у буюксі з дистильованою водою, що має температуру упродовж всього часу замерзання. До показів термопар, що вимірювали температуру сумішей вводилась поправка на усереднену величину показів контрольних термопар, що збільшувало точність вимірювань.

Результати досліджень, представлені на рисунках 1–2, дозволили отримати декілька закономірностей, які потребують наукового пояснення.

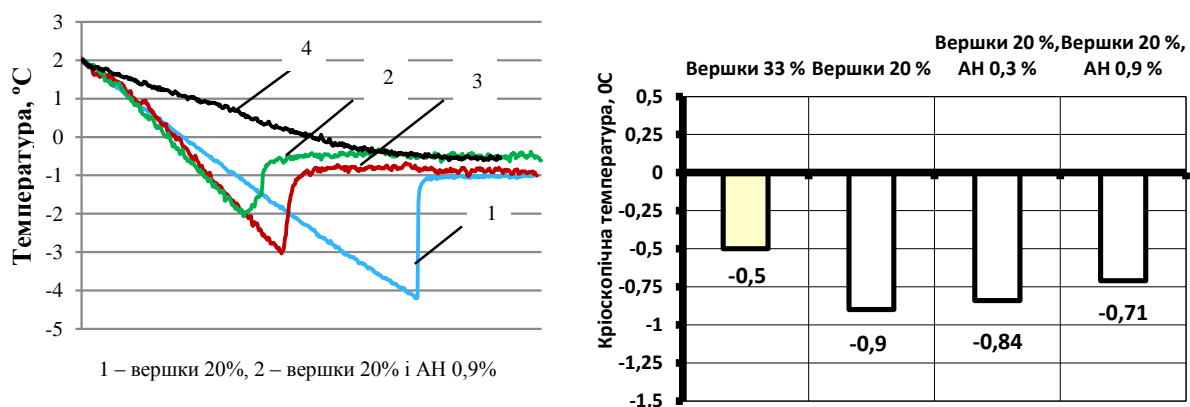


Рис. 1. Вплив альгінату натрію на кріоскопічну температуру вершків

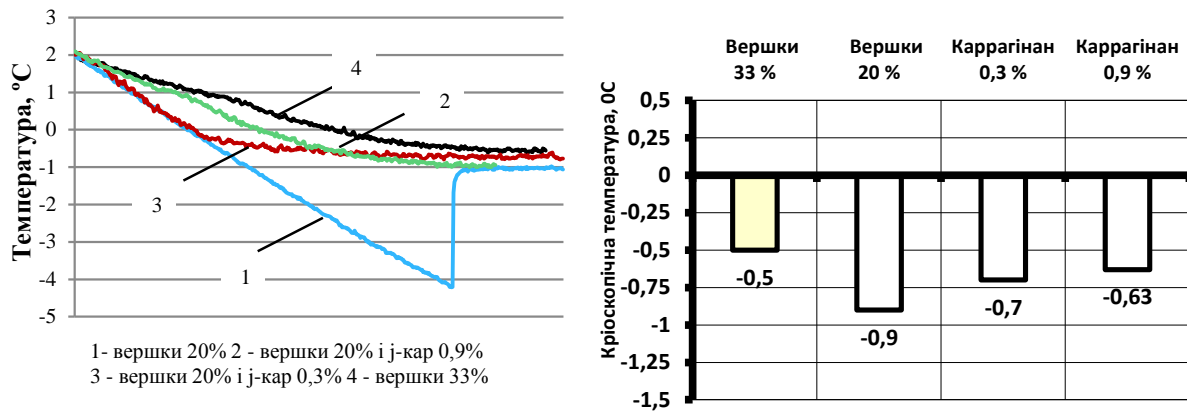


Рис. 2. Вплив j-каррагінану на кріоскопічну температуру вершків

По-перше, зменшення частки молочного жиру у вершках зменшує кріоскопічну температуру з $-0,5^{\circ}\text{C}$ до $-0,9^{\circ}\text{C}$, що свідчить про більшу кількість структурованої води, яка знаходиться у взаємозв'язку з макромолекулами біополімерів розчину. Це підтверджується розрахованою кількістю вимороженої води, величина якої зменшується відповідно з 97,2% до 95%, і пояснюється, вірогідно, зменшенням масової частки білка у складі вершків (від 2,5 до 2,8). Білки молока, для яких характерна висока гідрофільність, у свою чергу, забезпечують збільшення кількості молекул води, що приєднуються до їх макромолекул і знаходяться у зв'язаному стані.

По-друге, додавання полісахаридів зменшує кріоскопічну температуру і, відповідно, збільшує кількість вимороженої води.

До того ж, збільшення концентрації структуроутворювачів в межах дослідного інтервалу цей вплив посилює.

Так, температура замерзання вершків 20%-жирності становить $-0,9^{\circ}\text{C}$, для розчину вершків з альгінатом натрію в концентрації 0,3% цей показник $-0,84^{\circ}\text{C}$, а для розчину вершків з альгінатом натрію в концентрації 0,9% отримали $-0,71^{\circ}\text{C}$. Поряд з цим, кількість вимороженої води збільшується з 95,3% (для вершків з додаванням альгінату натрію 0,3%) до 96,1% (для вершків з додаванням альгінату натрію 0,9%). Аналогічні залежності спостерігаються і для зразків з використанням j-

каррагінану. Тобто, при додаванні більших концентрацій структуроутворювачів підвищується вміст вільної води.

Вплив структуроутворювачів, які відрізняються високою здатністю до водопоглинання, на нашу думку, пов'язаний із взаємодіями альгілату натрію і λ -каррагінану з реакційними групами білків молока, внаслідок яких утворюються стабільні комплекси «білок-аніонний полісахарид».

Провідну роль у формуванні таких структур надають взаємодії позитивно заряджених груп білка з негативно зарядженими групами полісахаридів, а також утворенню гідрофобних взаємодій і водневих зв'язків між комплексоутворювачами.

Комплексоутворення призводить до зміни функціональних властивостей як білків, так і полісахаридів. Як, правило, композитні структури володіють більшим водопоглинанням, емульгуючою здатністю, швидкістю гелеутворення, структурування. Проте, якість і функціональна активність сумішей біополімерів залежатиме від природи і сили взаємодії білка і полісахариду, що визначаються будовою і їх молекулярною вагою, концентраційними співвідношеннями.

Іноді, за високих концентрацій полісахаридів змінюється вторинна структура білкової молекули.

За однакового рецептурного складу дослідних зразків змінним фактором є концентрація полісахаридів – альгілату натрію або λ -каррагінану(0,3 і 0,9%). Напевно, із підвищенням частки полісахариду утворюється їх розгалужений комплекс з водорозчинними білками молока і частина реакційноздатних груп, що приймають участь у водневому зв'язку заміщується під час формування складної структури композицій.

Тобто, за таких концентраційних співвідношень гідрофільність комплексу, дещо зменшується і в емульсійній системі збільшується частка вільної води.

Найбільш значущу роль відіграють цукри. Саме додавання цукрів дозволяє суттєво вплинути на поведінку системи в процесі охолодження і

замерзання. Вплив різновидів цукрів на кріоскопічну температуру представлений на рисунках 3–4.

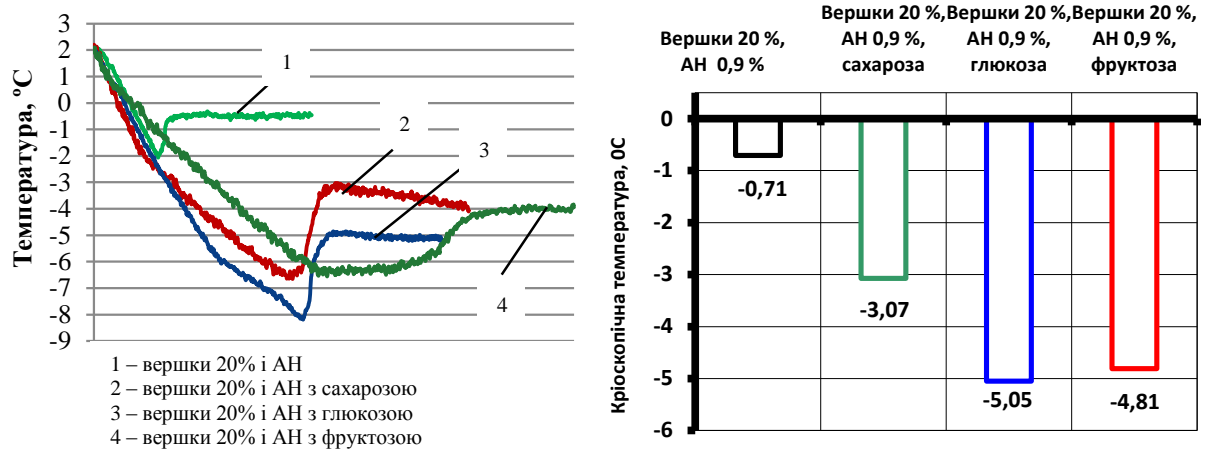


Рис. 3. Кріоскопічна температура вершкових кремів пониженої жирності з альгінатом натрію 0,9% і різновидами цукрів

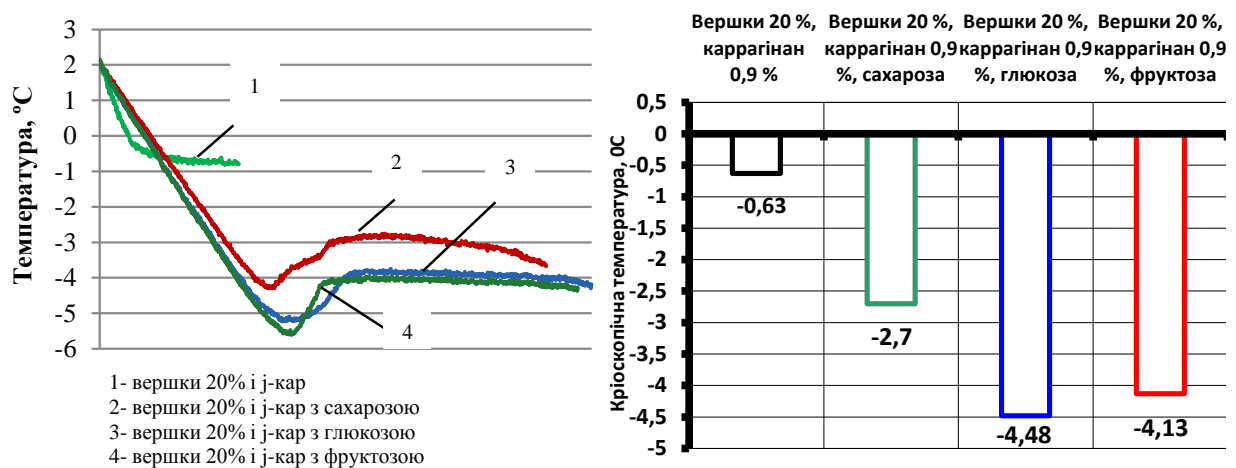


Рис. 4. Кріоскопічна температура вершкових кремів пониженої жирності з j-каррагінаном 0,9% і різновидами цукрів

Встановлено, що з 20%-ною концентрацією сахарози кріоскопічна температура розчинів «вершки-альгінат натрію» зменшується на 23%, а для розчинів «вершки-j-каррагінан» зменшується на 24%; з 20%-ною концентрацією глюкози кріоскопічна температура розчинів «вершки-альгінат натрію» зменшується на 14%, а для розчинів «вершки-j-каррагінан» зменшується на 14%; з 20%-ною концентрацією фруктози кріоскопічна температура розчинів «вершки-альгінат натрію» зменшується на 15%, а для розчинів «вершки-j-каррагінан» зменшується на 15%.

Така різниця між дисахаридами і моносахаридами більшою мірою пов'язана не з кількістю зв'язаної води, а із характером кристалізації і величиною утворених кристалів. Згідно закону Рауля, зниження температури замерзання змінюється пропорційно концентрації розчиненої речовини, а 1 моль речовини містить однакову кількість молекул, то зниження температури замерзання залежатиме від кількості частинок розчиненої речовини. Звідси виходить, що за однаковою (за СР) кількістю цукрів в систему вноситься молекул глюкози і фруктози в 1,8 разів більше, ніж молекул сахарози, таким чином величина кристалів глюкози і фруктози менша, але їх кількість більша і температура замерзання нижча.

Серед кремів з глюкозою і фруктозою більшими значеннями кількості вільної води відрізняються креми з фруктозою, яка має меншу гідратацію.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що застосування структуроутворювачів в рецептурах вершкових кремів з пониженою енергетичною цінністю суттєво змінює показник криоскопічної температури систем. Додавання як альгінату натрію, так і λ -каррагінану підвищує дослідний показник у порівнянні з чистими вершками 20%-ої жирності. Такий результат ми пояснюємо взаємодіями альгінату натрію або λ -каррагінану з реакційними групами білків молока, внаслідок чого утворюються стабільні комплекси «білок-аніонний полісахарид» і зменшується кількість гідрофільних груп, орієнтованих до води, тобто в системі зменшується кількість зв'язаної води.

Більш вагомий вплив у порівнянні з полісахаридами здійснюють на параметри заморожування цукри, які є ваговою складовою рецептурного складу кремів. Встановлено, що цукри суттєво збільшують кількість зв'язаної води. Але моносахариди, – глюкоза і фруктоза, мають нижчі значення криоскопічної температури у порівнянні із сахарозою, що пов'язано із характером кристалізації і величиною утворених кристалів в системі. Оскільки зниження температури замерзання залежить від

кількості частинок розчиненої речовини, то за однакової кількості цукрів в систему вноситься молекул глюкози і фруктози в 1,8 разів більше, ніж молекул сахарози, Тобто, величина кристалів глюкози і фруктози менша, але їх кількість більша і температура замерзання нижча. Серед кремів з глюкозою і фруктозою більшими значеннями кількості вільної води відрізняються креми з фруктозою, яка має меншу гідратацію.

Література

1. 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.
2. Здоровое питание / Информационный бюллетень ВОЗ. – 2015. – 8 с.
3. Корзун В. Н. Гигиеническая проблема профилактики внутреннего облучения организма при хроническом алиментарном поступлении радионуклидов цезия и стронция / Дис. д-ра мед.наук. Киев, 1995. – С. 289.
4. Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия — М. : Высшая школа, 1999. — 527 с.
5. Sahagian, M.E. and Goff, H.D. (1995) Influence of stabilizers and freezing rate on the stress relaxation behavior of freeze-concentrated sucrose solutions at different temperatures / Food Hydrocolloids, 9(3), 181–188.
6. D.R. Martin, S. Ablett, A. Darke, R.L. Sutton and M. Sahagian (1999) An NMR investigation into the effects of locust bean gum on the diffusion properties of aqueous sugar solutions / J Food Sci 64(1), 46-49.
7. María L. Herrera & Juan I. M' Cann & Cristina Ferrero & Tomoaki Hagiwara & Noemí E. Zaritzky & Richard W. Hartel (2007) Thermal, Mechanical, and Molecular Relaxation Properties of Frozen Sucrose and Fructose Solutions Containing Hydrocolloids / Food Biophysics №2, 20-28.

8. Тимчук, А. В. Розроблення технології заморожених молочно-білкових сумішей з продуктами переробки пшениці / дис. канд. техн. наук : спец. 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів» НУХТ. – К., 2016.
9. Мартич В.В., Полищук Г.Є., Масликов М.М. Исследование криоскопической температуры смесей мороженого различного химического состава. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. – Том 16. - №2 (59). – Ч.4, 2014. – С. 91-97.
10. Куцакова В.Е, Кременовская М.И., Сатанина В.А. О расчете времени охлаждения тортов / Вестник Московской академии холода, Раздел 2. Пищевые технологии, 2004, С.38-39.
11. Соколовська І.О. Рациональне використання пектину і альгілату натрію в технології білкових кремів зниженої цукромісткості / дис. канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» НУХТ. – К., 2015.