

OPTIMIZATION OF MILK-BASED SACCHARINE ICE CREAM

N. Breus, O. Bass, L. Manoha, G. Polischuk

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Ice cream</i> <i>Starch syrup</i> <i>Dextrose equivalent</i> <i>Cryoscopic temperature</i> <i>Optimization</i>	The expediency of using starch syrup of different saccharine ratio in milk-based ice cream recipe is proved. The significant impact of starch syrup and its dextrose equivalents content on the cryoscopic temperature of the mixture for ice cream production is confirmed. We carried out the composition modeling of fat ice cream mixture with starch syrup to provide the appropriate cryoscopic temperature. We defined the feasible range of starch syrup mass portion and dextrose equivalent to get high-quality ice cream. The research results are of practical importance for the calculation of recipes and quality control of milk-based ice cream.
Article history: Received 12.11.2015 Received in revised form 14.12.2015 Accepted 23.12.2015	
Corresponding author: N. Breus E-mail: breusnm@ukr.net	

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ МОРОЗИВА НА МОЛОЧНІЙ ОСНОВІ З ЦУКРИСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

Н.М. Бреус, О.О. Басс, Л.Ю. Маноха, Г.Є. Поліщук

Національний університет харчових технологій

У статті доведено доцільність використання крохмальних патонок різного ступеня оцукрювання у складі морозива на молочній основі. Підтверджено суттєвий вплив вмісту крохмальних патонок та їх декстрозних еквівалентів на криоскопічну температуру сумішей для виробництва морозива. Проведено моделювання складу сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру з крохмальними патоками для забезпечення належної криоскопічної температури. Визначено допустимі діапазони значень масової частки крохмальної патоки та її декстрозного еквівалента в сумішах з метою отримання морозива високої якості. Результати дослідження мають практичне значення для розрахунку рецептур і управління якістю морозива на молочній основі.

Ключові слова: морозиво, крохмальна патока, декстрозний еквівалент, криоскопічна температура, оптимізація.

Постановка проблеми. Дисперсійним середовищем морозива і сумішей для його виробництва є вода у вільному та зв'язаному стані у кількості від 58 до 75 %. Фізико-хімічні властивості зв'язаної води впливають на температуру

початку замерзання водної фази продукту (кріоскопічну температуру) і на характер кристалізації води під час фризериування та загартування [1]. Густина зв'язаної води вдвічі більша за густину вільної води, а її молекули просторово орієнтовані, що значно знижує діелектричну сталу порівняно з вільною водою. Зв'язана вода практично не кристалізується, не є розчинником (за винятком слабозв'язаної), вона недоступна для мікроорганізмів [2]. Вода у морозиві активно зв'язується стабілізаторами, молочними білками і дицукрами (лактозою і цукрозою). Близько однієї третини від загального вмісту зв'язаної води характеризується досить слабкою енергією зв'язку і бере участь у розчиненні, що слід враховувати під час розрахунку фактичних концентрацій розчинів цукрози та лактози у сумішах. Частина слабозв'язаної води також має здатність кристалізуватися за низьких температур [3].

Дрібні кристали льоду обумовлюють кремоподібну консистенцію морозива, але за їх зростання до розмірів, більших за 55...60 мкм, структура продукту стає грубою, льодянистою. Зменшенню розмірів кристалів льоду сприяє підвищення вмісту сухих речовин у сумішах морозива. Наприклад, підвищення вмісту цукру від 14 до 18 % у 1,4 раза знижує розміри кристалів льоду, але за вмісту цукру 20 % формується тістоподібна структура й знижується опір таненню [4]. Структура системи в цілому та розміри кластерів і доменів води залежать від багатьох чинників: концентрації дисперсної фази, її дисперсності, природи поверхні часточок, їхньої розчинності, характеру взаємодії між часточками та з водою, рН, температури й концентрації у водному розчині моно-, дицукрів і солей [5].

Кріоскопічна температура ($t_{кр}$) є одним з основних чинників, які впливають на процеси формування і стабілізації складної полідисперсної структури морозива під час фризериування сумішей у температурному діапазоні від -2 до -6 °C, а також під час процесу загартування м'якого морозива (-20 ... -40 °C). Найбільші проблеми з формуванням складних дисперсних систем, зокрема із дотриманням вимог щодо розмірів кристалів льоду, які мають не перевищувати 60 мкм, існують під час одержання морозива молочного низькожирного і нежирного [6], тому пошук нових видів активних вологозв'язувальних агентів у складі морозива на молочній основі та вивчення особливостей їх впливу на фізико-хімічні характеристики сумішей є досить актуальним напрямом наукових досліджень.

У складі сумішей для виробництва морозива найактивніше зв'язують воду моно- і дицукри, тому цукор як основний підсолоджувач і джерело сухих речовин у складі морозива на молочній основі є основним кріопротектором. Саме цукор запобігає утворенню грубокристалічної структури морозива через високу вологозв'язувальну здатність, що, у свою чергу, й обумовлює $t_{кр}$ сумішей перед їх низькотемпературним обробленням. У разі заміни цукру на інші підсолоджувачі для порівняння слід обирати $t_{кр}$ контрольні зразки традиційного хімічного складу.

В Україні виготовляють дешеві функціонально-технологічні підсолоджувачі — патоки крохмальні різного ступеня оцукрювання. Залежно від ступеня гідролізу крохмалю вони характеризуються різними значеннями декстрозного еквіваленту (ДЕ) і, відповідно, різним технологічним ефектом. Патоки з низьким ДЕ дещо підвищують $t_{кр}$ порівняно з цукром, що неприпустимо, але

позитивно впливають на опір морозива таненню. У той же час патоки з високим ДЕ знижують $t_{кр}$, але суттєво погіршують здатність морозива чинити опір дії позитивних температур [7].

Метою дослідження є визначення допустимих діапазонів вмісту паток з різними декстрозними еквівалентами в сумішах для забезпечення $t_{кр}$, не вищої за таку для контрольних зразків класичних видів морозива з цукром.

Матеріали і методи дослідження. Для вирішення поставленого завдання досліджували кріоскопічну температуру сумішей морозива молочного (масова частка жиру 3,5 %), вершкового (10 %) та пломбіру (15 %) з вмістом паток у діапазоні 0...14,0÷15,5 %, декстрозний еквівалент яких знаходиться в межах від 34 до 98.

Кріоскопічну температуру сумішей морозива визначали за допомогою кріостата і термометра Бекмана (ТЛ-1) [8], шкала якого розрахована на 5 °C та поділена з точністю до 0,01 °C без постійної нульової точки.

Для математичного опрацювання результатів дослідження застосовували математичний пакет MathCAD 15 [9, 10].

Результати і обговорення. Кріоскопічні температури контрольних сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру класичних видів становлять -2,56, -2,61 та -2,87 °C, що було прийнято за критерії оптимальності ($t_{кр1} \leq -2,56$ °C, $t_{кр2} \leq -2,61$ °C, $t_{кр3} \leq -2,87$ °C).

Для сумішей морозива молочного на першому етапі дослідження проведено двовимірну апроксимацію (підбір апроксимуючої площини у вигляді двовимірного полінома другого ступеня) і визначено емпіричну залежність у вигляді функції двох змінних:

$$t_{кр}(x,y) = -0,23 - 0,015x + 0,009y - 0,001xy + 0,001x^2 - 0,002y^2,$$

де x — декстрозний еквівалент, y — кількість патоки.

З урахуванням оптимальної умови для $t_{кр}$ виведено формулу у вигляді нерівності:

$$-0,23 - 0,015x + 0,009y - 0,001xy + 0,001x^2 - 0,002y^2 \leq -2,56.$$

Проведено відповідні розрахунки і виведено оптимальні співвідношення ДЕ та масової частки патоки у сумішах для одержання рекомендованих значень $t_{кр}$.

На другому етапі проведено двофакторний аналіз експериментальних даних:

$$\begin{aligned} t_{кр}(x_1, x_2) &= b_0 + b_1x_1 + b_2x_2; \\ t_{кр}(x_1, x_2) &= 0,338 - 0,15x_1 - 0,14x_2, \end{aligned}$$

де $t_{кр}$ — кріоскопічна температура; x_1 — декстрозний еквівалент; x_2 — кількість патоки.

Подібно наведеному вище розрахунку для сумішей морозива молочного одержані емпіричні функції для сумішей морозива вершкового:

$$\begin{aligned} t_{кр}(x,y) &= -0,002xy - 0,0021y^2 + 0,0047y - 0,016x + 0,0001x^2 - 0,249; \\ t_{кр}(x_1, x_2) &= 0,257 - 0,015x_1 - 0,156x_2. \end{aligned}$$

Емпіричні функції для сумішей морозива пломбір такі:

$$t_{кр}(x,y) = -0,0023xy - 0,0028y^2 + 0,013y - 0,017x + 0,0001x^2 - 0,283;$$

$$t_{кр}(x_1, x_2) = 0,312 - 0,016x_1 - 0,174x_2.$$

За допомогою побудованих багатофакторних регресійних моделей, які є адекватними наявним розрахунковим даним і мають високі ступені значимості оцінених параметрів, зроблено висновки щодо впливу кожного фактора на відгук ($t_{кр}$).

Графічні залежності $t_{кр}$ сумішей від ДЕ паток та їх вмісту в морозиві наведено на рис. 1—3.

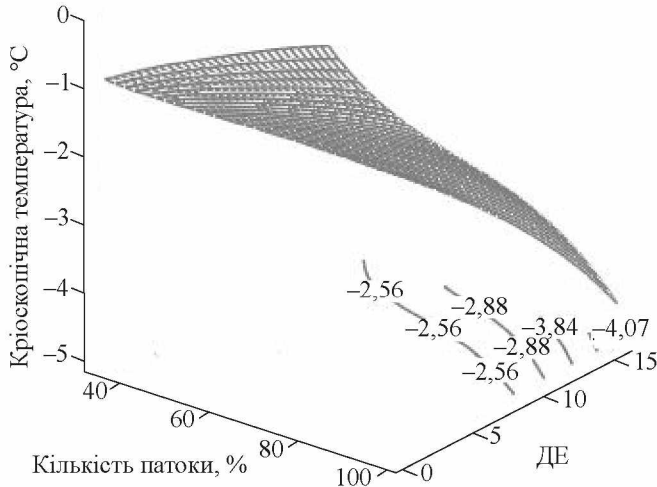


Рис. 1. Графічна залежність кріоскопічної температури від декстрозного еквівалента паток та їх кількості у сумішах морозива молочного

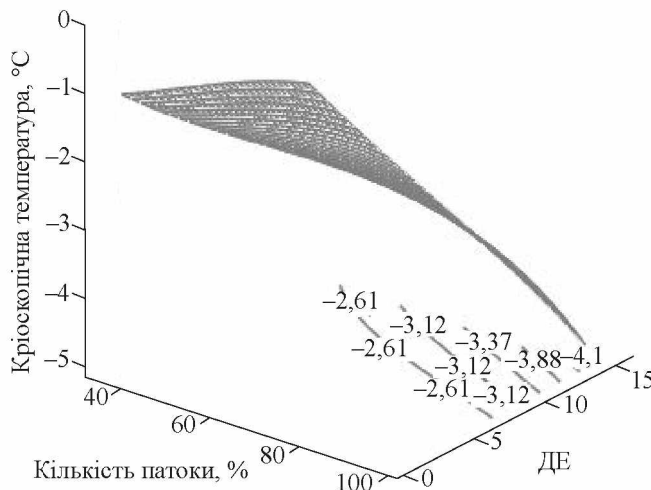


Рис. 2. Графічна залежність кріоскопічної температури від декстрозного еквівалента паток та їх кількості у сумішах морозива вершкового

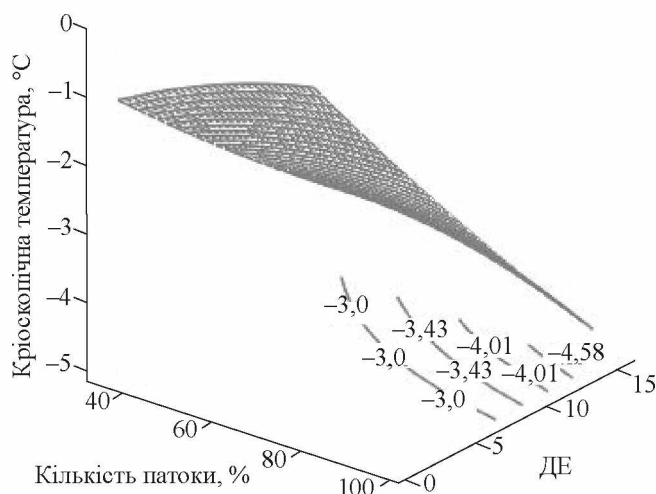


Рис. 3. Графічна залежність кріоскопічної температури від декстрозного еквівалента паток та їх кількості у сумішах морозива пломбір

Моделювання складу сумішей морозива молочного дозволило визначити оптимальні діапазони декстрозного еквівалента та вмісту паток для забезпечення $t_{кр}$, не вищої за $-2,56\text{ }^{\circ}\text{C}$, а саме: $59,6 \leq \text{ДЕ} \leq 97,7$ та $10,85\% \leq \text{КП} \leq 15,5\%$.

Для сумішей морозива вершкового та пломбіру за умови формування значень кріоскопічної температури не вищих за $-2,61\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $-2,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ (відповідно до контрольних зразків з цукром) розраховано оптимальні діапазони значень вмісту і декстрозного еквіваленту паток.

Так, для вершкового ці діапазони такі: $59,5 \leq \text{ДЕ} \leq 97,5$; $9,75\% \leq \text{КП} \leq 14,0\%$. Для пломбіру рекомендовані діапазони значень ДЕ та вмісту паток такі: $58,5 \leq \text{ДЕ} \leq 97,5$; $9,75\% \leq \text{КП} \leq 14,0\%$.

Отже, результати розрахунків дають змогу управляти значеннями кріоскопічної температури сумішей морозива на молочній основі введенням до їх складу крохмальних паток з різними ступенями оцукрювання. Дотримання вказаного вмісту крохмальних паток з певним декстрозним еквівалентом забезпечуватиме не тільки істотне зниження кріоскопічної температури сумішей, але й сприятиме формуванню пластичної консистенції продукту та запобіганню утворення грубокристалічної структури навіть у морозиві з підвищеним вмістом води (молочному). Нині таке морозиво не користується високим попитом у споживачів через високу твердість, надмірне відчуття холоду, крихкість структури. Одержані результати досліджень сприятимуть розширенню асортиментного ряду саме молочного морозива та підвищенню попиту споживачів на низькокалорійну продукцію. Результати наукової дослідження матимуть практичне значення також і для технологів при проведенні розрахунків рецептур у виробничих умовах.

Висновки

Науково доведено залежність кріоскопічної температури сумішей морозива на молочній основі від їх хімічного складу, зокрема від вмісту й ступеня оцукрювання крохмальних паток.

Одержано математичні моделі, що описують умови одержання сумішей морозива з крохмальною патокою у рекомендованих діапазонах.

Розраховано оптимальні діапазони вмісту патоки та їх декстрозних еквівалентів для формування належної структури готового продукту під час фризирования сумішей і загартування м'якого морозива. Результати розрахунків матимуть практичне значення для оптимізації рецептурного складу морозива на молочній основі.

Література

1. Оленев Ю.А. Структурные элементы смесей и мороженого / Ю.А. Оленев // Молочная промышленность. — 2003. — № 3. — С. 53—54.
2. Пищевая химия / [Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др.]; под ред. д.т.н., проф. А.П. Нечаева. — [3-е изд.] — СПб.: ГИОРД, 2004. — 640 с.
3. Изучение процесса размораживания мороженого с яблочным пюре методом низкотемпературной ЯМР-спектроскопии / Полищук Г. и др. // Maisto chemija ir technologija. Mokslo darbai (Food chemistry and technology. Proceedings). Kauno technologijos universiteto maisto institutas. Kaunas. — 2013. — V. 47, #. 1. — P. 73—81.
4. Bolliger S. Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream / S. Bolliger, H. Wildmoser, H.D. Goff, B.W. Tharp // International Dairy Journal. — 2000. — Vol. 10, № 6. — P. 791—797.
5. Goff H.D. Changing the ice in ice cream / H.D. Goff, A. Regand, B. Tharp // Dairy Industry International. — 2002. — Vol. 67, # 1. — P. 30—32.
6. Maslikov M. Unit for food's temperature control during their refrigeration / Maxim Maslikov, Galina Polichuk // Ukrainian journal of food science. — 2013. — V. 1, # 2. — P. 194—198.
7. Богданов Е. Использование в молочных продуктах глюкозных сиропов / Егор Богданов // Продукты&Ингредиенты. — 2008. — № 1. — С. 88—91.
8. Справочник по производству мороженого / [Оленев Ю.А., Творогова А.А., Казакова Н.В., Соловьева Л.Н.]. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 798 с.
9. Охорзин В.А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие [для студ. высш. учеб. завед.] / Охорзин В.А. — [3-е изд.]. — СПб.: Лань, 2009. — 352 с.
10. Алексеев Е.Р. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9 / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова. — М: ИТ Пресс, 2006. — 496 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МОРОЖЕНОГО НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ С САХАРИСТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Н.М. Бреус, О.А. Басс, Л.Ю. Маноха, Г.Е. Полищук

Национальный университет пищевых технологий

В статье доказана целесообразность использования крахмальных патоки различной степени осахаривания в составе мороженого на молочной основе. Подтверждено существенное влияние содержания крахмальных патоки и их декстрозных эквивалентов на криоскопическую температуру смесей для производства мороженого. Проведено моделирование состава смесей мороженого молочного, сливочного и пломбира с крахмальными патоками для обеспечения заданной криоскопической температуры. Определены допустимые диапазоны значений массовой доли крахмальной патоки и ее декстрозного эквивалента в смесях с целью получения мороженого высокого качества. Результаты исследования имеют практическое значение для расчета рецептур и управления качеством мороженого на молочной основе.

Ключевые слова: мороженое, крахмальная патока, декстрозный эквивалент, криоскопическая температура, оптимизация.