

УДК 663.674:664.7

**Мартич В.В.**, аспірант

E-mail: libero777@yandex.ru

**Поліщук Г.Є.**, д. т. н., професор (milknuft@i.ua)**Максим М.М.**, к. т. н., доцент ©*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ КРІОСКОПІЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА РІЗНОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ**

*Обґрунтовано доцільність застосування інвертного цукру та багатоатомних спиртів для зниження кріоскопічної температури сумішей морозива молочного. Встановлено закономірності зміни цього показника як у присутності окремих кріопротекторів, так і у складі композиційних систем. Встановлено умовно рекомендоване значення кріоскопічної температури сумішей морозива молочного.*

*Визначено рекомендований ступінь заміни сахарози на інвертний цукор, сорбіт, ксиліт та еритритол для морозива молочно-пшеничного для отримання готового продукту з якісними споживчими характеристиками. Виявлено закономірності зміни кріоскопічної температури сумішей морозива залежно від молекулярної маси поліолів у вигляді полінома 2-го ступеня. Побудовано рівняння регресії для прогнозування очікуваної солодкості морозива залежно від ступеня заміни сахарози досліджуваними цукрозамінниками.*

*Розроблено чотири принципово нових композицій цукрозамінників для низькокалорійних видів морозива, які співставні за сухими речовинами та показником SES сахарози: “еритритол+інвертний цукор”; “сорбіт+інвертний цукор”; “ізомальт+інвертний цукор”; “мальтитол+інвертний цукор”. Розроблені кріопротекторні системи рекомендовані для складання рецептур морозива-мус.*

**Ключові слова:** кріоскопічна температура, суміші, морозиво, поліоли.

УДК 663.674:664.7

**Мартич В.В.**, аспірант**Полищук Г.Е.**, д. т. н., профессор**Масликов М.М.**, к. т. н., доцент*Національний університет пищевых технологий, Киев, Украина*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СМЕСЕЙ МОРОЖЕНОГО РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА**

*Обоснована целесообразность применения инвертного сахара и многоатомных спиртов для снижения кріоскопіческой температуры смесей мороженого молочного. Установлены закономерности изменения этого показателя как в присутствии отдельных кріопротекторов, так и в составе композиционных систем. Установлено условно рекомендуемое значение кріоскопіческой температуры смесей мороженого молочного.*

*Определена рекомендованная степень замены сахарозы на инвертный сахар, сорбит, ксилит и эритритол для мороженого молочно-пшеничного для получения готового продукта с качественными потребительскими характеристиками. Выявлены закономерности изменения криоскопической температуры смесей мороженого в зависимости от молекулярной массы полиолов в виде полинома 2-й степени. Построены уравнения регрессии для прогнозирования ожидаемой сладости мороженого в зависимости от степени замены сахарозы исследуемыми сахарозаменителями.*

*Разработаны четыре принципиально новых композиций сахарозаменителей для низкокалорийных видов мороженого, которые сопоставимы по сухих веществах и показателем SES сахарозы: “эритритол+инвертный сахар”; “сорбит+инвертный сахар”; “изомальт+инвертный сахар”; “мальтитол+инвертный сахар”. Разработаны криопротекторными системы рекомендованы для составления рецептов мороженого мусс.*

*Исследована криоскопическая температура смесей мороженого молочного различного химического состава. Установлены закономерности изменения этого показателя для смесей мороженого с полиолами. Разработаны композиции сахарозаменителей для низкокалорийных видов мороженого.*

**Ключевые слова:** криоскопическая температура, смеси, мороженое, полиолы.

УДК 663.674:664.7

**Martich V.V., Polischuk G.E., Maslikov M. M.**

#### **RESEARCH CRYOSCOPIC TEMPERATURE OF THE MIXES FOR ICE CREAM DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION**

*Expediency of invert sugar and polyhydric alcohols to reduce cryoscopic temperature dairy mix ice cream. The regularities of changes in this indicator in the presence of certain cryoprotectants, and as part of composite systems. Determined conventionally recommended value cryoscopic temperature milk ice cream mix.*

*Definitely recommended for the degree of replacement of sucrose, invert sugar, sorbitol, xylitol and erythritol ice cream dairy and wheat for the finished product with high quality consumer. Revealed patterns of change cryoscopic temperature of ice cream mix, depending on the molecular weight polyols as a polynomial of degree 2. Powered regression equation for predicting the expected sweetness of ice cream depending on the degree of replacement of sucrose sweeteners studied.*

*A four fundamentally new compositions for low-calorie sweeteners types of ice cream are comparable for dry substances and sucrose SES index: “erythritol+ invert sugar”; “sorbitol+invert sugar”; “izomalt+invert sugar”; “maltitol+invert sugar”. The developed cryoprotective system recommended for compiling recipes ice cream - mousse.*

*Investigated cryoscopic of the mixes for dairy ice cream with different chemical composition. The regularities of changes in this indicator mixes for ice cream with polyols. Designed for low-calorie sweeteners compositions kinds of ice cream.*

**Keywords:** cryoscopic temperature, mixes, ice cream, polyols.

**Вступ.** Кріоскопічна температура ( $t_{кр}$ ) сумішей морозива є однією з основних фізичних характеристик, які визначають технологічні режими процесу фризеравання та умови зберігання готового продукту через вплив на фазовий стан води у широкому температурному діапазоні [1].

Поведінка водної фази в морозиві типового складу досить детально вивчена багатьма вченими. Так за даними N. Buuoung збільшення вмісту гідрокоолоїдів зменшує теплоту плавлення води у сумішах внаслідок її більшого зв'язування, тоді як M. L. Herrera та ін. [2, 3] стверджують, що  $t_{кр}$  сумішей в основному залежить від вмісту моно- і дицукрів та інших низькомолекулярних сполук.  $t_{кр}$  залежить від молекулярної маси істинно розчинної речовини і суттєво впливає на динаміку процесу кристалізації, частку вимороженої вологи при фризераванні та теплофізичні характеристики морозива [4]. Чим більша молекулярна маса, тим вища  $t_{кр}$  суміші морозива і тим більша кількість вільної води за інших рівних умов кристалізується під час фризеравання. Саме цей процес характеризується найінтенсивнішим відведенням тепла від продукту у якому формуються численні дрібні кристали льоду, на поверхні яких у процесі подальшого загартування морозива кристалізується невиморожена волога.

Враховуючи вище сказане, з-поміж широкого асортименту цукрів, цукристих речовин та замінників цукру як кріопротекторів практичний інтерес викликають поліоли – сорбіт, ксиліт, лактит, маніт, мальтитол, ізомальт тощо. Ці багатоатомні спирти є кріопротекторами, які не викликають карієсу і різкого зростання рівня глюкози в крові, характеризуються зниженою калорійністю та є пребіотиками [5]. Деякі з них (сорбіт, ксиліт) містяться в ягодах і фруктах, інші можна отримати лише хімічним синтезом з моно- та дисахаридів.

У складі морозива поліоли спроможні запобігати формуванню суцільної кристалізаційної сітки під час загартування та забезпечувати кремopodobну консистенцію продукту. Нині в якості кріопротектора у складі вітчизняного морозива дозволяється застосовувати лише гліцерин фармакопейний [6]. Тому **метою** наукової роботи є дослідження впливу класичних та нових замінників цукру спиртової групи на  $t_{кр}$  сумішей молочного морозива.

**Матеріали і методи досліджень.** Досліджували  $t_{кр}$  сумішей морозива молочного класичного (МЧЖ – 3,5 %; цукру – 15,5 %; СЗМЗ – 10,0 %) без стабілізаційної системи (зразок №1), зі стабілізаційною системою Cremodan SE 406 у кількості 0,6 % (зразок №2), борошном пшеничним – 2 % (зразок №3) та з зародками пшениці (зразок №4).

З нових цукрозамінників використано: еритритол фірми “RealFood” (США), ізомальт та мальтитол фірми “IRCA” (Італія); з класичних: сорбіт ТОВ “Житомирбіопродукт” (Україна), ксиліт ТОВ “Сладкий мир” (Росія) та інвертний цукор, виготовлений за загальновідомою технологією [7].

Кріоскопічну температуру вимірювали за допомогою вимірювального комплексу, розробленого науковцями НУХТ.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Кріоскопічну температуру сумішей морозива за змінного вмісту цукристих речовин та цукрозамінників наведено у табл. 1-3, де сірим кольором виділено комірки з  $t_{кр}$  сумішей, які є взірцевими.

Згідно даних, наведених в табл. 1, діапазон депресій  $t_{кр}$  контрольних зразків коливався в межах від  $-2,16$  до  $-2,81$  °С, причому на фоні сталого хімічного складу молочних сумішей найкращим кріопротектором є Cremodan SE 406. Найменш ефективним кріоагентом є борошно пшеничне, на відміну від

ЗП. Використання останніх в кількості 3...4 % знижує  $t_{кр}$  молочних сумішей на 0,22...0,24 °С, порівняно зі зразком без стабілізатора.

Таблиця 1

**Кріоскопічна температура сумішей морозива молочного  
з різними стабілізуючими компонентами**

Морозиво	Склад суміші, %		$t_{кр}$ °С
	вода	зерновий компонент	
зразок №1	71,0	-	-2,16
зразок №2	70,5	-	-2,81
зразок №3	69,0	2,0	-2,31
зразок №4	68,0	3,0	-2,38

Таблиця 2

**Кріоскопічна температура сумішей морозива молочного  
з різним ступенем заміни цукру на інвертний цукор**

Ступінь заміни цукру, %	Масова частка цукру, %	$t_{кр}$ °С	Ступінь заміни цукру, %	Масова частка цукру, %	$t_{кр}$ °С
10	13,95	-2,55	60	6,20	-3,01
20	12,40	-2,76	70	4,65	-3,07
30	10,85	-2,84	80	3,10	-3,26
40	9,30	-2,89	90	1,55	-3,45
50	7,75	-2,94	100	-	-3,63

Таблиця 3

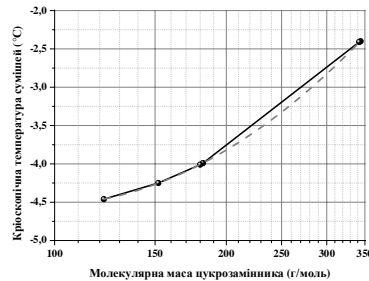
**Кріоскопічна температура сумішей морозива молочного з різним ступенем  
заміни цукру на поліолі**

Ступінь заміни цукру, %	М. ч. цукру, %	$t_{кр}$ °С	Ступінь заміни цукру, %	М. ч. цукру, %	$t_{кр}$ °С
мальтитол (100%)	-	-2,40	сорбіт (25%)	3,88	-2,78
мальтитол (75%)	11,63	-2,40	ксиліт (100%)	-	-4,20
мальтитол (50%)	7,75	-2,39	ксиліт (75%)	11,63	-3,68
мальтитол (25%)	3,88	-2,38	ксиліт (50%)	7,75	-3,09
ізомальт (100%)	-	-2,41	ксиліт (25%)	3,88	-2,85
ізомальт (75%)	11,63	-2,41	еритритол (100%)	-	-4,46
ізомальт (50%)	7,75	-2,40	еритритол (75%)	11,63	-4,01
ізомальт (25%)	3,88	-2,38	еритритол (50%)	7,75	-3,49
сорбіт (100%)	-	-3,99	еритритол (25%)	3,88	-2,98
сорбіт (75%)	11,63	-3,61	еритритол (20%)	3,10	-2,86
сорбіт (50%)	7,75	-3,19	еритритол (15%)	2,33	-2,74

Відповідно до табл. 2, за рахунок додаткового зв'язування вільної вологи моноцукрами (глюкозою та фруктозою) за зростання вмісту інвертного цукру (від 10 до 100 % заміни сахарози)  $t_{кр}$  сумішей знижується найсуттєвіше – від -2,55 до -3,63 °С як прямо пропорційна залежність.

За даними табл. 3 виявлено, що з поліолів найефективнішими кріопротекторами є сорбіт, ксиліт та еритритол, використання яких у складі морозива молочного із ЗП знижує  $t_{кр}$  сумішей від -2,38 °С до -3,99...-4,46 °С, тобто приблизно на 1,5...2,0 °С. Ізомальт та мальтитол практично не впливають на  $t_{кр}$  сумішей, числове значення якої знаходиться в межах -2,38...-2,41 °С.

Поясненням даного технологічного ефекту є різна молекулярна маса цукрозамінників ( $M$ ). Для глибшого розуміння встановленого ефекту побудовано калібрувальну криву (рис. 1), відповідно до якої видно, що за зменшення молекулярної маси цукрозамінника,  $t_{кр}$  молочної суміші знижується, що піддається математичному опису у вигляді рівняння регресії:  $y = 6,80806x^2 - 26,88876x + 22,00552$ ;  $R^2 = 0,99998$ .



Умовні позначення:

- — залежність, отримана експериментальним шляхом;
- - - - залежність, отримана за допомогою полінома 2-го ступеня.

### Рис. 1. Залежність $t_{кр}$ сумішей від молекулярної маси цукрозамінника

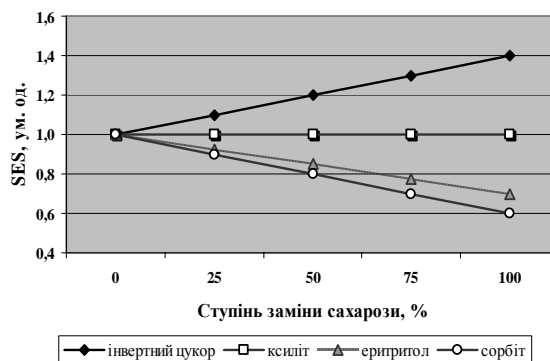
Еритритол за найменшої молекулярної маси найбільше знижує  $t_{кр}$  молочної суміші. Цей поліол за нульової калорійності не має застережень щодо кількості його споживання для хворих на цукровий діабет. Приємний охолоджуючий ефект еритритолу є гармонійним доповненням до органолептичного сприйняття морозива. Тому було вирішено провести дослідження впливу ступеня заміни сахарози на еритритол з позиції забезпечення умовно рекомендованої  $t_{кр}$  молочної суміші ( $-2,81$  °C) (контроль №2). Згідно даних, наведених в табл. 3, даний технологічний ефект досягається при 15...20 % заміні сахарози на поліол.

Ксиліт та сорбіт мають дещо вищу молекулярну масу порівняно з еритритолом, але також суттєво впливають на фазовий стан води у сумішах морозива. Проте варто відзначити, що існують певні обмеження щодо їх разового (5...10 г) та добового (30...40 г) споживання для хворих на цукровий діабет, через специфіку засвоєння організмом людини.

Таким чином, окрім широко використовуваних у виробництві морозива ксиліту та сорбіту, інвертний сироп (як найдешевший цукрозамінник) та еритритол (як найефективніший кріопротектор) є найбільш перспективними агентами для регулювання кріоскопічної температури сумішей морозива.

Широке застосування обох цукрозамінників у складі морозива умовно обмежується різною солодкістю порівняно з сахарозою, тому раціональним може бути їх поєднання між собою у вигляді композицій, в яких будуть враховані як органолептичні характеристики продукту, так і його фізико-хімічні показники. Солодкість сахарози дорівнює 1,0, тобто одиниці солодкості, мірою якої є SES (Sweetness Equivalency of saccharose) – солодкість, еквівалентна сахарозі. Зважаючи на це, було спрогнозовано солодкість морозива у разі

варіативного співвідношення “сахароза+цукрозамінник”. З цією метою побудовано калібрувальні графіки залежності ступеня солодкості сумішей морозива молочного за різного співвідношення вказаних цукрозамінників (рис. 2).



**Рисунок 2. Кореляційний зв'язок між показником SES та ступенем заміни сахарози**

Відповідні лінійні рівняння регресії наведені нижче:

для інвертного цукру:  $y = 0,1013x + 0,08935$ ;  $R^2 = 0,9988$ ;

для еритритолу:  $y = -0,075x + 1,075$ ;  $R^2 = 1$ ;

для сорбіту:  $y = -0,0987x + 1,0915$ ;  $R^2 = 0,9985$ .

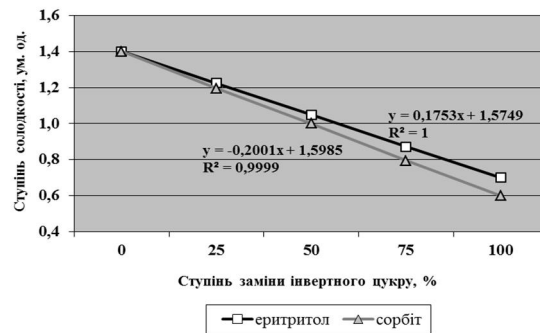
Оскільки солодкість ксиліту дорівнює 1, то заміна цукру даним поліолом не обмежується за даною характеристикою.

Відповідно до порівняльного аналізу, перевищує значення SES лише інвертний цукор, тоді як еритритол та сорбіт вимагатимуть підвищеного вмісту у морозиві для забезпечення відповідного рівня солодкості, що є досить витратним заходом.

Отже, враховуючи високий вплив на  $t_{кр}$  сумішей, низьку енергетичну цінність, різний ступінь солодкості та високу вартість розглянутих вище цукрозамінників (поліолів) порівняно з сахарозою, було вирішено розробити їх композиції у поєднанні з достатньо дешевим і ефективним інвертним цукром для низькокалорійних видів морозива з метою повного виключення цукру з рецептур (рис. 3).

Враховавши органолептичне сприйняття готового продукту (солодкість) та умовно рекомендоване значення  $t_{кр}$  суміші ( $-2,81$  °C), доведено доцільність часткової заміни сахарози у середньому на 20...30 % редуруючих речовин інвертного сиропу чи 25 % сорбіту/ксиліту або 15...20 % еритритолу. Застосування ізомальту та мальтитолу у складі морозива як кріопротекторів неефективне, тому дані поліоли варто розглядати лише як замітники цукру.

При розробленні рецептур нових видів низькокалорійного морозива на молочній основі з метою повного виключення дисахариду авторами розроблено чотири принципово нових композицій, які співставні за сухими речовинами та показником SES сахарози: “еритритол+інвертний цукор”; “сорбіт+інвертний цукор”; “ізомальт+інвертний цукор”; “мальтитол+інвертний цукор”.



**Рисунок 3. Залежність ступеня солодкості композицій “поліол+інвертний цукор” від варіативності складових компонентів**

#### Висновки.

Застосування поліолів у складі морозива на молочній основі позитивно впливає на фазовий стан води у готовому продукті. Поряд з кріопротекторними властивостями, ці багатоатомні спирти одночасно можуть виступати в якості цукрозамінників, тим самим знижуючи калорійність морозива. Для розробки продуктів спеціального призначення, запропоновано 4 універсальні копозиції “поліол-інвертний цукор”, використання яких дозволяє повністю виключити сахарозу зі складу морозива без зміни органолептичних характеристик десерту.

#### Література

1. Flores A. A. Ice Crystal Size Distributions in Dynamically Frozen Model Solutions and Ice Cream as Affected by Stabilizers / A. A. Flores, H. D. Goff // Journal of Dairy Science. – 1999. – Vol. 82, № 7. – P. 1399–1407.
2. Казакова Н. В. Сахаридосодержащие продукты [Текст] / Н. В. Казакова, А. А. Творогова // Мороженщик России. – 2003. – № 1 – С.18.
3. Творогова А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование формирования и стабилизации структуры мороженого [Текст]: автореф. дис. д-ра техн.наук. / А. А. Творогова. – М.: [б.и.], 2006. – 48 с.
4. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. – К. : Академперіодика, 2011. – 487 с.
5. Alonso S. Functional replacements for sugars in food / S. Alonso, S. Setser // Trends Food Sci. & echnol. 1994. v. 5, p. 39-46.
6. ТТІ 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, 4735:2007. – [Чинна від 2008-01-01]. – К. : Асоціація українських виробників «Українське морозиво та заморожені продукти», 2007. – 100 с.
7. Справочник по производству мороженого / [Оленев Ю. А., Творогова А. А., Казакова Н. В., Соловьева Л. Н.]. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 798 с.

Рецензент – д.с.-г.н., професор Цісарик О.Й.