

RESEARCH MODES OF FREEZING MIX OF ICE CREAM WHITH WHEAT GERM

V. Martich, G. Polischuk

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Freezing ice cream mix Wheat germ ice crystals</i>	Investigational rate cooling of mixtures of ice-cream with wheat germ in the process of freezing. Connection is educed between chemical composition of mixtures (by the table of contents of wheat germ and of dry skimmed milk residue) and indexes of quality of ice-cream. It is well-proven that over the too protracted cooling of mixtures brings to the increase of their viscosity and, accordingly, to the substantial decline of fluffed up. As a result of researches it is recommended to cool and freeze mixtures during 3 minutes, that allows to carry out the effective dispergating of air in the dispersible environment of ice-cream. The set mode also provides forming of shallow crystals of ice and warns the origin of vice "rudely crystalline structure". The improvement of the technological modes of freezing mixtures of milk-wheat's ice cream increases its organoleptic and physico-chemical indexes, according to normative requirements.
Article histore: Received 20.12.2013 Received in revised form 10.01.2014 Accepted 22.01.2014	
Corresponding author: V. Martich E-mail: libero777@yandex.ru	

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРИЗЕРУВАННЯ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА ІЗ ЗАРОДКАМИ ПШЕНИЦІ

В.В. Мартіч, Г.С. Поліщук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено швидкість охолодження сумішей морозива із зародками пшениці в процесі фризерування. Виявлено зв'язок між хімічним складом сумішей (вмістом зародків пшениці й сухого знежиреного молочного залишку) і показниками якості морозива. Доведено, що занадто тривале охолодження сумішей призводить до підвищення їхньої вязкості та, відповідно, до суттєвого зниження збитості. За результатами досліджень рекомендовано охолоджувати і фризерувати суміші впродовж 3 хв, що наляє можливість здійснювати ефективне диспергування повітря в дисперсійному середовищі морозива. Встановлений режим також забезпечує формування дрібних кристалів льоду та запобігає виникненню вади «грубокристалічна структура». Удосконалення технологічних режимів фризерування сумішей молочно-пшеничного морозива підвищує його органолептичні та фізико-хімічні показники відповідно до нормативних вимог.

Ключові слова: фризерування, морозиво, суміші, зародки пшениці, кристали льоду.

Фризериування є однією з найважливіших технологічних операцій, яка формує структуру й органолептичні властивості морозива. Під час фризериування на фоні масової кристалізації води залишок водної фази насичується повітрям, а жирова емульсія частково дестабілізується [1]. Залежно від хімічного складу, температури на виході з фризера та виду застосованого обладнання у морозиві викристалізовується від 33 % до 67 % води від загального її вмісту у суміші при одночасному збільшенні початкового об'єму на 50—150 % [2]. Кожний з цих процесів є принципово важливим для отримання готового продукту із заданими органолептичними й фізико-хімічними властивостями.

Фризери безперервної дії, порівняно з апаратами періодичної дії, характеризуються більшою потужністю й можливістю регулювати збитість морозива за рахунок перемішування під тиском у потоці дозованих кількостей повітря та суміші для морозива [3].

При виготовленні і загартуванні морозива на лініях безперервної дії фризериування триває до досягнення збитості готового продукту не нижче 70—130%, а його температура не повинна перевищувати $-3,5^{\circ}\text{C}$. При застосуванні фризерів періодичної дії на підприємствах малої потужності цей процес триває не менше 60...90 % для молочного, 90...120 % — для вершкового і пломбіру та 40...70 % — для плодово-ягідного морозива [4]. Отже, на обладнанні періодичної дії складніше створювати умови для формування структури морозива, що потребує додаткових досліджень.

У Національному університеті харчових технологій було розроблено оригінальні рецептури морозива із зародками пшениці — рослинною вуглеводобілковою сировиною з високими функціонально-технологічними властивостями. Новий хімічний склад сумішей може обумовлювати й інші умови їх оброблення при збиванні та заморожуванні, тому актуальним є встановлення рекомендованих технологічних режимів для отримання нового виду м'якого морозива з необхідними показниками збитості.

Для досліджень було обрано типові за складом суміші для морозива молочного із масовою часткою жиру 3,5 % і зародків пшениці 3 %. Масова частка сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) складала 10 % (зразок №1) та 7 % (зразок №2). Як контроль обрали морозиво молочне класичне з борошном пшеничним вищого гатунку (3 %).

Зародки пшениці, відповідно до ТУ У 45.22.014-95 «Зародок пшеничний харчовий», перед внесенням у суміші попередньо подрібнювали до розмірів часточок не більше ніж 1 мм, смажили при температурі не вище 130°C і не більше 20 хв та гідратували при температурі 85°C впродовж 3 хв.

Дослідні виробки молочно-пшеничного морозива та контролю проводили за допомогою фризера періодичної дії «Ельбрус-400» ФПМ 3,5/380—50 з частотою обертів шнеку-мішалки 270 хв^{-1} при режимі №1 (охолодження) та 540 хв^{-1} при режимі №2 (збивання). Температуру суміші перед фризериуванням підтримували в межах $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

Температуру дослідних зразків морозива визначали згідно з ГОСТ 3622, титровану й активну кислотність — згідно з ГОСТ 3624. Збитість морозива

визначали ваговим методом [5]. Опір таненню визначали за методом, описаним Ю.О. Оленевим [3].

Розміри повітряних бульбашок і кристалів льоду у морозиві визначали за допомогою світлового мікроскопу за збільшення 10x16 і з відградуваною шкалою поділок (згідно з якою відстань між двома великими основними поділками дорівнювала 80 мкм, а відстань між двома сусідніми маленькими поділками — 8 мкм) та електронних носіїв (цифрового фотоапарата, комп'ютера). Одиничні розміри кристалів льоду визначали як діагональ прямокутника, вписаного у коло. Результати вимірювань одержували як середньоарифметичне значення при обчисленні не менше 100 значень, визначених у чотирьох полях зору.

Технічні характеристики фризера періодичної дії «Ельбрус-400» ФПМ 3,5/380—50 надають можливість спочатку охолоджувати суміш при відносно низькій частоті обертів шнека-мішалки (режим 1), а потім насичувати її повітрям при підвищеній швидкості перемішування (режим 2). На першому етапі наукової роботи було визначено швидкість та ефективність охолодження сумішей і контролю при режимі 1. Температуру сумішей перед заповненням шнекової камери фризера підтримували на рівні 4 °С. Отримані результати наведено на рис. 1.

З рис. 1 видно, що використання зародків пшениці як стабілізатора для виробництва морозива на молочній основі, порівняно з борошном пшеничним вищого гатунку, знижує температуру сумішей на 2 °С уже на першій хвилині режиму 1.

Після охолодження сумішей до криоскопічних температур в умовах масової кристалізації води у незамерзаючій водній фазі підвищується концентрація розчинених речовин (цукрози, лактози, мінеральних речовин) і, відповідно, знижується температура її замерзання. Цей ефект спостерігається протягом усього процесу фризирования сумішей [6].

Для молочно-пшеничних сумішей криоскопічна температура коливається в межах $-2,65$ °С, а для контролю $-2,42$ °С і чітко входить у рекомендований діапазон для морозива на молочній основі $-2,01 \dots -3,41$ °С [7].

У результаті досліджень встановлено, що зі зростанням тривалості режиму 1 температура сумішей поступово падає. На 3 хв. оброблення контрольний зразок $-1,22$ °С, тоді як для зразка № 1 вже $-3,5$ °С, а для зразка № 2 становила $-2,63$ °С.

Максимально можлива від'ємна температура для контролю за режиму 1 досягається при 7 хв на рівні -3 °С. За цих умов температура молочно-пшеничних сумішей становила $-5 \dots -5,4$ °С. Подальше охолодження сумішей призводило до незначного зниження температури, досягнувши свого мінімуму $-5,2 \dots -5,5$ °С. Це дає підставу стверджувати, про доцільність часткової

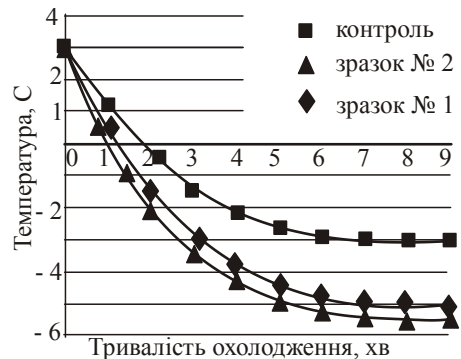


Рис. 1. Швидкість охолодження сумішей для виробництва морозива при режимі 1

заміни сухого знежиреного молока зародками пшениці — джерела додатково внесених білків і полісахаридів, які здатні знижувати криоскопічну температуру замерзання водної фази.

Враховуючи, що початок фазового переходу вода—лід починається в діапазоні температур $-2,01 \dots -3,41$ °С, авторами рекомендовано охолоджувати молочно-пшеничні суміші для морозива до заданих температур для зразка № 1 — 2—3 хв, для зразка № 2—3...4 хв.

Наступним етапом було дослідження зміни збитості м'якого морозива залежно від тривалості режиму 2. Температуру м'якого морозива на виході з фризера змінювали у межах від $-3,5$ до $-7,5$ °С, а час фризирования від 1 до 7 хв. Отримані результати представлено на рис. 2.

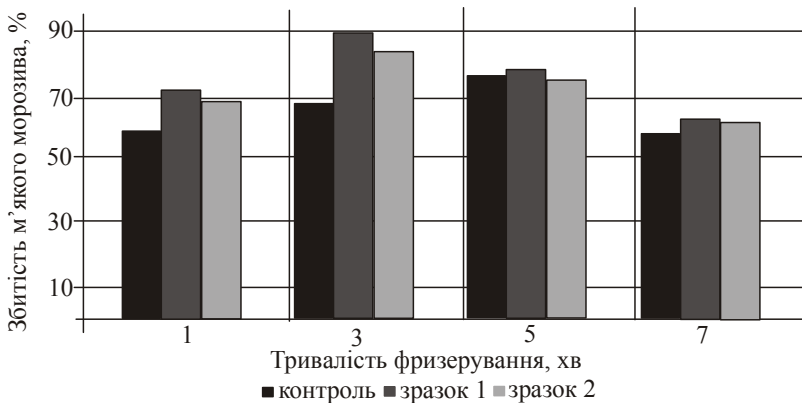


Рис. 2. Залежність збитості різних видів м'якого морозива від тривалості фризирования

Згідно з отриманими даними (рис. 2), збитість м'якого морозива із зародками пшениці зростає зі збільшенням тривалості режиму 2 і знаходиться у рекомендованих межах від 60 до 90 %.

Зрозуміло, що для кристалізації вільної вологи, яка наявна у розчині, за нижчих температур необхідно значно менше часу, і тому система зі зв'язано дисперсної з коагуляційним типом структури швидше переходить у систему з конденсаційно-кристалізаційною структурою. Так, уже на третій хвилині режиму 2 досягається максимальна збитість для зразків № 1 та №2 — 78...84 %, а для контролю — на п'ятій хвилині і становить 70,5 %. Подальше фризирования призводить до зниження цього показника на 15...17 % для м'якого морозива із зародками пшениці та на 36 % для м'якого морозива з борошном пшеничним вищого гатунку внаслідок підвищення в'язкості системи після охолодження до криоскопічної температури.

Таким чином, авторами рекомендовано фризировати молочно-пшеничні суміші (зразок №1 та зразок №2) впродовж 3 хв.

Варто відмітити, що низька збитість обумовлює утворення щільної консистенції морозива і грубих кристалів льоду під час загартування у готовому продукті. За даними Г.М. Дезента та Т.А. Боушева, середній розмір кристалів льоду у готовому продукті значною мірою залежить від температури морозива на виході з фризера [8]. Так, після завершення процесу

фризерування за температури $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ розміри кристалів льоду становлять 120...150 мкм, при $-3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 100...120 мкм, при $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 60...80 мкм, а при $-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 40...50 мкм. Ці дані свідчать про те, що чим менша кількість води викристалізовується під час фризериування, тим менше утворюється кристалів, які можуть бути центрами кристалізації, що може при загартуванні спричинити утворення надмірно великих кристалів.

Зважаючи на це, на наступному етапі дослідження режимів фризериування авторами встановлено вплив зародків пшениці на диспергування повітряної і жирової фази та формування кристалів льоду у нових видах молочно-пшеничного морозива шляхом мікроструктурного аналізу дослідних зразків, отриманих за рекомендованих режимів фризериування (рис. 3а) та відразу ж після загартування за температури мінус $24\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 24 год (рис. 3б).

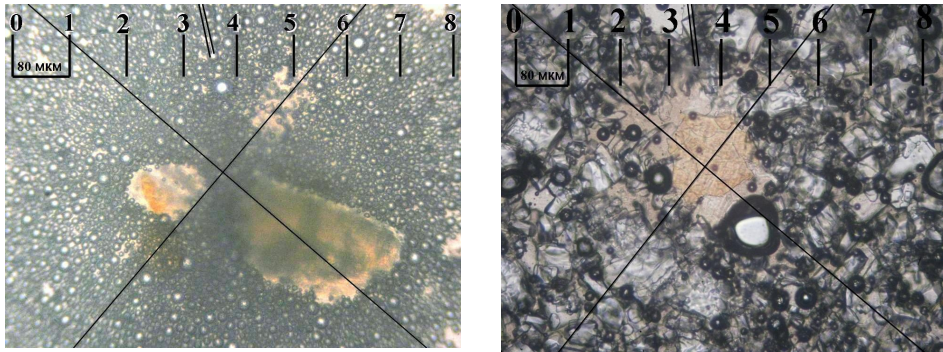


Рис. 3. Мікроструктура морозива із зародками пшениці

а) під час фризериування

б) після загартування

К. Бергер і Б. Баллімор. встановили, що розмір повітряних бульбашок залежно від виду морозива змінюється в межах від 30 до 150 мкм при середньому діаметрі близько 60 мкм [8]. Саме цей розмір дисперсності повітряної фази, за дослідженнями Г.М. Дезента та Т.А. Боушева, максимально допустимий для забезпечення відмінної якості заморожених десертів.

Згідно з рис. 3а, для молочно-пшеничних сумішей характерні дрібні повітряні бульбашки, середній розмір яких коливається в межах 38...43 мкм і є стабільним протягом кількох хвилин. Імовірно, суттєвий вміст білків у зародках пшениці (30—33 %) обумовлює емульгувальні й стабілізуювальні властивості зародків пшениці, що призводить до тонкого і рівномірного розподілення жиру й повітря у морозиві. Залишки рослинних тканин агрегують навколо себе повітряні бульбашки та зміцнюють у такий спосіб каркас пінної структури. У сформованій структурі загартованого морозива зародки пшениці завдяки механічній протидії зростанню кристалів льоду, а також вмісту значної кількості вуглеводів (до 46 %) стримують зростання кристалів льоду, середній розмір яких не перевищує 48...52 мкм (рис. 3б) і в такий спосіб запобігають утворенню грубокристалічної структури.

Заключним етапом наукового дослідження було вивчення фізико-хімічних показників нових видів морозива, які наведено у таблиці.

Таблиця. Якісні показники молочно-пшеничного морозива

Назва показника	Розмірність	Морозиво із зародками пшениці	
		при вмісті СЗМЗ 10 %	з частковою заміною СЗМЗ
$t_{\text{сум. перед фриз-нням}}$	°C	+3,0	+3,0
$t_{\text{м'якого морозива}}$	°C	-7,5	-6,5
М.ч.ж.	%	3,5	3,5
М.ч.с.р.	%	32,0	29,0
Масова частка цукру	%	15,5	15,5
Активна кислотність	pH	6,48	6,45
Титрована кислотність	°T	22	22
Збитість	%	84,3	78,1
Опір таненню	хв	46	49
Середній розмір кристалів льоду	мкм	52	48
Середній розмір повітряних бульбашок	мкм	43	37,8

Враховуючи різницю у збитості в межах похибки (близько 2,5 %) при порівнянні цього показника для молочно-пшеничного морозива з вмістом СЗМЗ 10 % та його частковою заміною, авторами рекомендовано виготовляти останній вид морозива. Це дозволить додатково зменшити собівартість готового продукту шляхом економії витрат на сухе знежирене молоко.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні можливості комбінування зародків пшениці з іншими видами рослинної сировини з метою подальшого удосконалення складу морозива молочного.

Висновки

Найбільша збитість нових видів морозива із зародками пшениці (78—84 %) досягається за таких режимів фризювання: тривалість охолодження сумішей із вмістом СЗМЗ 10 % 2—3 хв, сумішей із частковою заміною СЗМЗ — 3—4 хв. Тривалість фризювання при режимі 2 для обох видів готового продукту становить 3 хв.

У морозиві із зародками пшениці середній розмір кристалів льоду становить 48—52 мкм.

Для зниження собівартості готового продукту рекомендовано виготовляти молочно-пшеничне морозиво з частковою заміною СЗМЗ зародками пшениці в кількості 3 %.

Література

1. *Cogne C.* Experimental data and modeling of ice cream freezing / C. Cogne, P. Laurent, J. Andrieu and J. Ferrand // Trans IChemE. — October 2003. — Vol. 81, Part A. — P. 1129–1135.
2. *Marshall R. T.* Ice Cream, 6th Edn / Marshall R. T., Goff H. D., Hartel R. W. — New York: Kluwer Academic. ISBN 0-306-47700-9, 2003. — 366 p.
3. *Справочник по производству мороженого* / Ю. А. Оленев, А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Л. Н. Соловьева — М.: ДеЛи принт, 2004. — 798 с.

4. Оленев Ю. А. Технология и оборудование для производства мороженого / Ю. А. Оленев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ДеЛи, 2001. — 323 с.

5. Бартковський І. І. Технологія морозива: Навч. посібник / І. І. Бартковський, Г. Є. Поліщук, Т. Є. Шарахматова, Л. Л. Туровська, І. С. Гудз. — К.: 2010. — 248 с., (20) с. іл.

6. 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.

7. Оленев Ю. А. Криоскопические температуры смесей мороженого / Ю. А. Оленев // Молочная промышленность. — 1981. — № 3. — С. 24–25.

8. Дезент Г. М. Оборудование и поточные линии для производства мороженого / Г. М. Дезент, Т. А. Боушев. — М.: Госторгиздат, 1961 — 216 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ФРИЗЕРОВАНИЯ СМЕСЕЙ МОРОЖЕНОГО С ЗАРОДЫШАМИ ПШЕНИЦЫ

В.В. Мартич, Г.Е. Полищук

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована скорость охлаждения смесей мороженого с зародышами пшеницы в процессе фризирования. Выявлена связь между химическим составом смесей (содержанием зародышей пшеницы и сухого обезжиренного молочного остатка) и показателями качества мороженого. Доказано, что слишком длительное охлаждение смесей приводит к повышению их вязкости и, соответственно, к существенному снижению взбитости. По результатам исследований рекомендуется охлаждать и фризовать смеси в течении 3 мин., что позволяет осуществлять эффективное диспергирование воздуха в дисперсионную среду мороженого. Установленный режим также обеспечивает формирование мелких кристаллов льда и предупреждает возникновение порока «грубокристаллическая структура». Усовершенствование технологических режимов фризирования смесей молочно-пшеничного мороженого повышает его органолептические и физико-химические показатели, согласно нормативным требованиям.

Ключевые слова: фризирование, мороженое, смеси, зародыши пшеницы, кристаллы льда.