

The oatmeal using for improving of ice cream structure

Olga Rybak

Ternopil State Technical University «Ivan Puluj», Ukraine

ABSTRACT

Keywords:

Ice cream
Sandiness
Iciness
Oatmeal
Ice
Lactose

Introduction.

Sandiness and iciness are ice cream textural defects, which occur when storage, transportation and distribution conditions are disregarded. Possibility of oatmeal using for the formation of stable ice cream structure has been studied.

Materials and methods.

The shape and size of ice and lactose crystals have been conducted by using of an optical microscope and computer image processing. Overrun of ice cream has been measured by standard method.

Results. It has been established that the partial substitution of milk solids-not-fat (up to 25 %) for oatmeal (3 % of the total content of components) ensures the formation of lactose crystals, which size are less than 10 μm , and prevents the appearance of sandiness during storage. Moreover, the addition of this oatmeal amount allows to reduce the content of high-cost stabilizer by 50 % of the initial content without negative influence on the process of water crystallization in ice cream. The average size of formed ice crystals are from 32.09 to 35.47 μm . The evidence has been found that oatmeal biopolymers can form, in presence of milk proteins, aggregated “protective network” around ice crystals, which prevents the migratory ice recrystallization during temperature fluctuations (heat shock) and the formation of iciness in ice cream.

Article history:

Received 09.09.2013
Received in revised form
12.11.2013
Accepted 25.12.2013

Corresponding author:

Olga Rybak
E-mail:
cmakota@ukr.net

УДК 663.674

Застосування вівсяного борошна для покращення структури морозива

Ольга Рибак

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Вступ

У процесі виробництва морозива багатокомпонентну суміш піддають механічній, тепловій і термомеханічній обробці, внаслідок чого формується складна структура продукту. Якість цієї структури визначається дисперсністю повітряних і жирових фаз, а також формою й розмірами утворених кристалів льоду та лактози. За даними науковців [1, 2], структурні елементи загартованого морозива повинні відповідати наступним вимогам: кристали льоду від 20 до 100 мкм, кристали лактози – 1-10 мкм, жирові глобули – 2-7 мкм, повітряні бульбашки – 30-150 мкм.

При недотриманні технологічних режимів виробництва, невірно розрахованих рецептурах, використанні неякісної сировини або порушенні режимів зберігання у морозиві можлива поява різноманітних вад, які знижують показники його якості й, відповідно, попит серед споживачів. Утворення піщанистої і льодянистої структури є широко поширеними вадами морозива [3-5].

Піщаниста структура морозива є наслідком зростання кристалів лактози до розмірів понад 10 мкм, особливо при значних коливаннях температур при зберіганні й високому вмісті сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) у продукті. Сучасні технології, окрім дотримання режимів зберігання та чіткого контролю вмісту СЗМЗ у складі морозива, пропонують також використання гідролітичних препаратів, які гідролізують до 70-80 % лактози у суміші галактози та глюкози [6]. Формування льодянистої структури морозива спричинене великими кристалами льоду, надмірному зростанню яких сприяє низька в'язкість суміші перед фризруванням, незначна збитість, помірне заморожування та загартування продукту, а також коливання температур під час зберігання (так званий «тепловий шок»). A.Regand, H.D.Goff та інші науковці для запобігання росту кристалів льоду і збереження їх дрібних розмірів пропонують використовувати білкові речовини, які структурують лід [7, 8]. Дані білки міцно адсорбуються на поверхні кристалів льоду і попереджають їх подальше зростання. Традиційним способом для запобігання виникнення цієї вади є застосування стабілізаційних систем [1, 2], переважно закордонного виробництва.

На думку автора, внесення вівсяного борошна до складу молочного морозива надасть можливість попередити формування піщанистої і льодянистої структури у продукті. Застосування цього зернового інгредієнту дозволить частково замінити молочні рецептурні компоненти, при цьому відбудеться зниження вмісту лактози, а отже, ймовірно, унеможливлення появи такої вади консистенції як піщанистість. Окрім того, до складу вівса, як відомо, входять β -глюкани [9-11], які проявляють стабілізуючі властивості і можуть бути використані як стабілізатори водної фази під час виробництва морозива.

Матеріали та методи

Для досліджень виготовлено зразки молочного морозива з нормативними показниками: масова частка жиру 3,0 %, СЗМЗ – 10,5 %, цукру - 14,5 %, сухих речовин – 28, %. У зразку 1 використано традиційну стабілізуючу систему (моно-, дигліцериди, камідь гуара, карагенан, полісорбат) у кількості 0,6 % (від загальної кількості компонентів), згідно із рекомендаціями фірми-виробника. Зразок 2 – це молочно-вівсяне морозиво, до складу якого включено вівсяне борошно у кількості 3 % (від загальної кількості компонентів) та знижено вміст стабілізаційної системи до 0,3 % (від загальної кількості компонентів), молочних компонентів відповідно до матеріального балансу сухих речовин й СЗМЗ.

Усі рецептурні компоненти дослідних зразків морозива відповідають вимогам чинних ДСТУ або інших нормативних документів і є дозволеними до використання у харчовій промисловості Міністерством охорони здоров'я України.

Визначення розмірів кристалів лактози здійснювали за методом ВНХІ [12], при цьому температуру загартованого морозива попередньо доводили до мінус (7-5) °С шляхом розморожування невеликого зразка продукту за температури оточуючого середовища мінус (4-3) °С. Мікроскопіювання проводили при збільшенні у 600 разів (15x40). Усі допоміжні засоби, що використовувалися (ніж, предметне і покривне скельця), матеріали й зразки морозива попередньо поміщали на 24 години у

морозильну камеру із температурою мінус 24±2 °С. Під час приготування зразка для мікроскопіювання забезпечували ізоляцію рук. Розміри кристалів визначали за допомогою окуляр-мікромметра, відградуйованого об'єкт-мікромметром. Підрахунок проводили у п'яти-семи полях зору кожного препарату за групами, що характеризуються розмірами кристалів. При кількості груп n середньозважений розмір (діаметр, мкм) кристалів по кожному препарату розраховували за формулою:

$$d_{\text{сеп}} = \sqrt[3]{\sum_1^n d_i^3} \cdot \frac{N}{N_i}, \quad (1)$$

де d_i – середній діаметр кристалів у кожній групі, мкм; N_i – число кристалів у кожній групі; N – загальна кількість кристалів у всіх групах.

Визначення розмірів кристалів льоду проводили за допомогою світлового мікроскопа, який оснащений зеленим фільтром за температури не вище мінус 10 °С. Мікроскопіювання здійснювали при збільшенні у 160 разів (10x16). Усі допоміжні засоби, що використовувалися (ніж, предметне і покривне скельця), матеріали й зразки морозива попередньо поміщали на 24 години у морозильну камеру із температурою мінус 24±2 °С. Під час приготування зразка для мікроскопіювання забезпечували ізоляцію рук. Для отримання більш точних результатів із дослідного зразка морозива видаляли чисельні повітряні бульбашки шляхом роз'єднання покривного та предметного скельця із готовим зразком (попередньо охолодженим за температури мінус 24±2 °С) й додавання краплини попередньо охолодженого етилацетату. Далі зразок знову накривали покривним скельцем й мікроскопіювали [13]. Розміри кристалів визначали аналогічно як і для кристалів лактози.

Для визначення розмірів повітряних бульбашок пробу морозива наносили на тарировану сітку камери Горяева, зверху накривали покривним склом та відразу ж мікроскопіювали при збільшенні у 160 разів. Кристалики льоду при цьому плавилися, але піна зберігалася, бо за цих умов оболонки повітряних бульбашок не зневоднювалися. Підрахунок проводили у п'яти-семи полях зору. При кількості груп n середньозважений діаметр повітряних бульбашок по кожному препарату розраховували за формулою (1).

Під час визначення збитості m якого морозива одну і ту ж хімічну склянку ємністю 50 см³ по черзі зважували порожньою, з сумішшю до фризрування та з морозивом. Суміш або морозиво, що виступають за межі стакана, обережно знімали ложкою або зрізали ножем. Збитість морозива (S), %, вираховували за формулою:

$$S = \frac{m_m - m}{m} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де m_m – маса суміші для виробництва морозива певного об'єму, г; m – маса морозива того ж об'єму, г.

Співвідношення між вмістом лактози і води у морозиві для контролювання процесу кристалізації лактози розраховували за формулою:

$$O = \frac{100 \cdot L}{100 - N}, \quad (3)$$

де L – вміст лактози у морозиві, %; N – вміст сухих речовин у морозиві, %.

Результати та обговорення

Використання вівсяного борошна як рецептурного компонента у складі молочного морозива надає можливість комбінування різних видів сировини й

здійснення часткової заміни молочних інгредієнтів на рослинні. Необхідність комбінування сировини у багатьох сучасних технологіях обумовлена не лише існуючими проблемами вітчизняної харчової промисловості (дефіцит якісної повноцінної сировини, неповне перероблення усіх складових компонентів та ін.), але й потребою забезпечення споживачів збалансованими харчовими продуктами на фоні недостатнього споживання білку, вітамінів, інших незамінних нутрієнтів [14]. Заміна молочних складових на рослинні при виробництві молочних продуктів десертного призначення частково дозволяє вирішити проблему дефіциту молока-сировини й знизити вплив сезонних коливань обсягів постачання молока на ефективність роботи підприємств.

Згідно із матеріальним балансом, складеним під час розрахунку рецептур морозива, із збільшенням кількості вівсяного борошна на 1 % (від загального вмісту компонентів) вміст СЗМЗ зменшується на 8,3 % від його початкової кількості. При проведенні заміни рецептурних складових не враховували вміст жиру у зерновому інгредієнті, так як його кількість є незначною (близько 5 %), порівняно із вмістом інших складових – білків та вуглеводів – 10,6 й 73,5 %, відповідно.

На рис.1 наведено результати заміни СЗМЗ у морозиві на рослинну складову. Кількість вівсяного борошна змінювали від 1 до 5 % (від загальної кількості компонентів). При внесенні у морозиво зернового інгредієнту у кількості 5 % ступінь заміни СЗМЗ на рослинну складову становить близько 40 % (від початкової кількості), а кількість СЗМЗ у продукті знижується від 10,5 до 6,2 % (від загальної кількості компонентів).

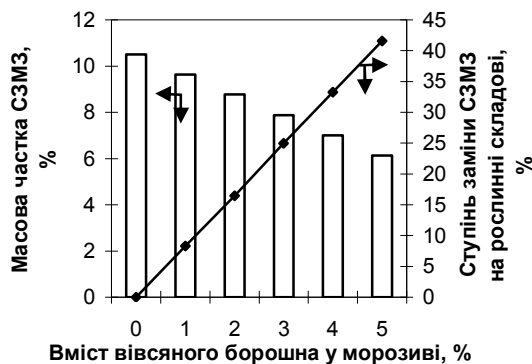
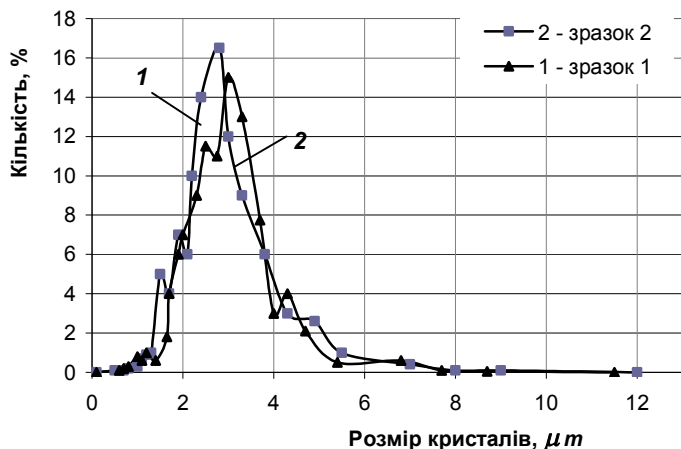
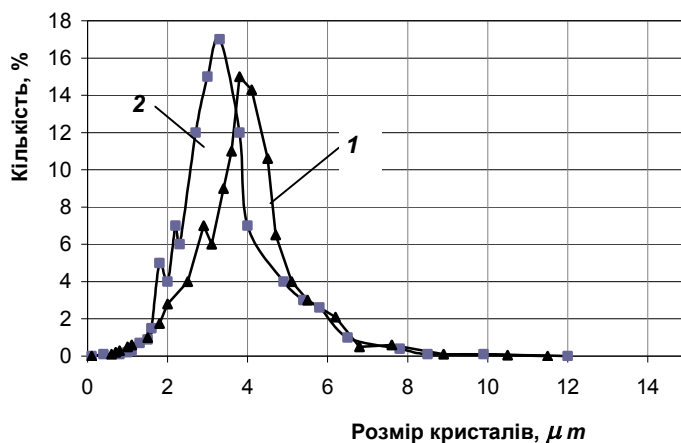


Рис.1. Зміна вмісту СЗМЗ у морозиві при різній кількості вівсяного борошна

Відомо, що вміст лактози у молоці і неферментованих молочних продуктах становить близько 55 % від усього вмісту СЗМЗ. При цьому лактоза як у молоці, так і у морозиві є розчиненою у водній фазі. Під час зберігання таких продуктів як морозиво відбувається виморожування значної кількості води. Так, при фризюванні морозива вміст вимороженої води становить 49,3-63,0 % (від загальної кількості компонентів), а при загартуванні за температур нижче мінус 20 °С – 74,6-82,9 %. Ці зміни відповідно спричинюють зменшення кількості води, яка виявляє властивості розчинника і призводить до перенасичення розчину лактози та подальшому інтенсивному зростанні її кристалів. На думку автора, зниження концентрації лактози сприятиме попередженню виникнення великих кристалів. Визначено, що при додаванні 5 % вівсяного борошна вміст лактози знижується до 3,4 % (від загальної кількості компонентів), тоді як початковий вміст становить 5,8 %.



а



б

Рис. 2. Розподіл кристалів лактози у морозиві після зберігання:
а – 3 місяці
б – 12 місяців

Додаткове внесення вівсяного борошна у суміш для виробництва морозива ймовірно може пришвидшити процес кристалізації лактози. Відомо, що для формування нової фази у будь-якій системі потрібно проходження двох стадій: перша – утворення центрів конденсації (зародків), друга – їхній ріст [15, 16]. Якщо у переохолодженій рідині наявні чужорідні ядра конденсації, то різко знижується енергетичний бар'єр зародження нової фази і зростає швидкість утворення центрів кристалізації. У випадку наявності у складі морозива вівсяного борошна його часточки здатні виконувати роль чужорідних центрів кристалізації, що може спричинювати як позитивні так і негативні наслідки. Так, при незначному зниженні концентрації лактози у суміші і присутності часточок зернопродукту можливе утворення більших кристалів лактози у порівнянні із зразком, виготовленим без зернового компоненту. Причиною цього є те, що увесь час зберігання морозива із вівсяним

борошном іде, в основному, на ріст кристалів, у той час як у зразку без рослинного інгредієнту – на утворення центрів кристалізації, а потім лише на їх ріст.

Подібні негативні тенденції спостерігали у морозиві із вмістом вівсяного борошна нижче 2 %. Надзвичайно велика кількість чужорідних центрів конденсації (як у випадку вівсяного борошна понад 4 %) спричинює аналогічні наслідки.

Для формування кристалів лактози, розмірами не більше 10 мкм, найбільш сприятлива заміна молочних компонентів на зерновий відмічена при використанні 2-3 % останнього. При цьому вміст лактози зменшився до 4,33 % (від загальної кількості компонентів), а ступінь заміни СЗМЗ на рослинні складові – до 25 %.

З метою контролювання процесу кристалізації лактози у морозиві науковцями розроблено розрахункове співвідношення О (%) [17]. Відомо, що при значенні О=8,5 % за сприятливих умов у продукті ймовірне формування піщастої структури. Визначено, що у зразку 1 співвідношення становить 8,02% і є близьким до величини, яка характеризує ризик появи даної вади. Співвідношення лактози і води у зразку 2 є нижчим і становить 6,01%.

Дана величина гарантує формування у морозиві кристалів лактози, розміри яких не перевищують гранично допустимі – 10 мкм, що підтверджується результатами досліджень (рис. 2). Під час визначення середнього розміру кристалів лактози встановлено, що після 3-х місяців зберігання їх значення не перевищують рекомендовані (4,00 мкм) [1] й становлять 3,36 та 2,80 мкм, відповідно у зразках 1 і 2.

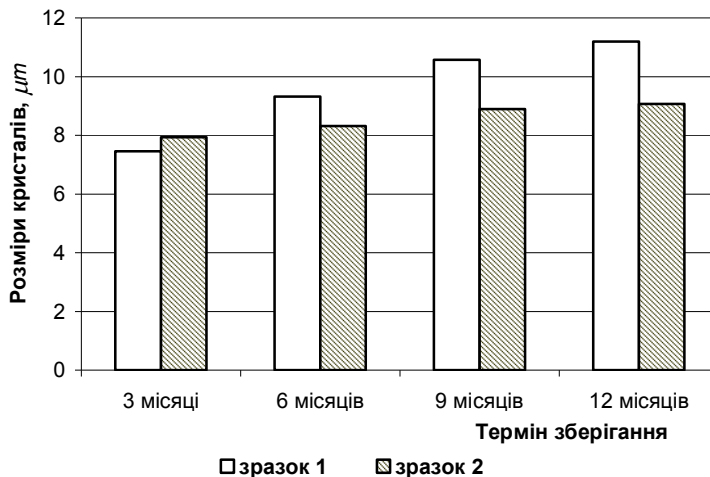


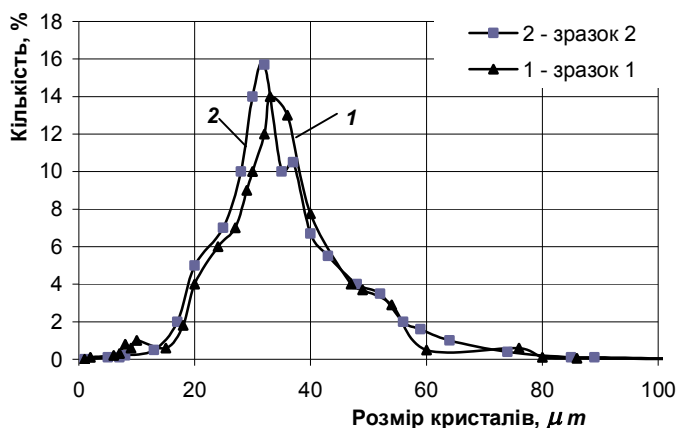
Рис. 3. Максимальні розміри кристалів лактози у морозиві

У процесі подальшого зберігання морозива в обох зразках спостерігали ріст кристалів лактози (рис. 2.б), викликаний переохолодження і перенасичення розчину. Після 12-ти місяців зберігання середній розмір кристалів лактози у зразку 1 становив 4,35 мкм при максимальному, який був виявлений – 11,19 мкм (рис. 3). Тоді як у зразку 2 середній розмір – 3,80 мкм, максимальний – 9,07 мкм, що цілком відповідають рекомендованим значенням, необхідним для формування якісної структури морозива.

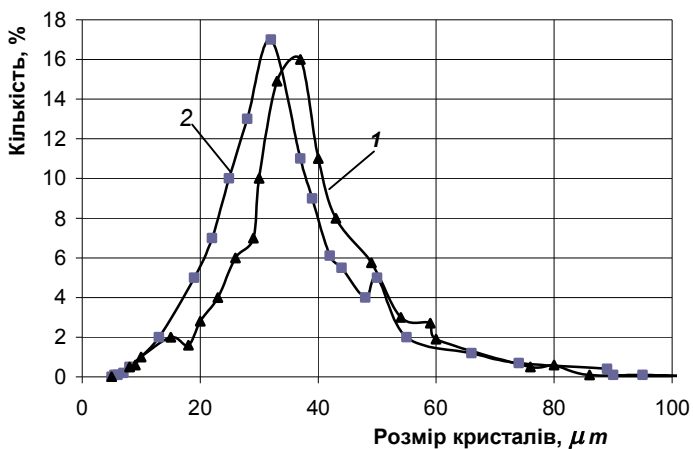
Виморожування води у процесі фризеравання та подальшому загартуванні сприяє набуттю морозивом щільної консистенції, високої міцності й опору до танення. Для органолептичних властивостей продукту важливим є формування дрібних кристалів льоду

однакової форми – дендритної, що забезпечує однорідну, ніжну консистенцію замороженого продукту. З метою регулювання процесу кристалізації водної фази у виробництві морозива застосовують цілий ряд технологічних заходів, серед яких і використання стабілізаторів або стабілізаційних систем. Ці речовини зв'язують значну кількість вільної вологи й перешкоджають тим самим утворенню великих кристалів льоду.

Результати проведених досліджень (рис.4) підтверджують можливість заміни широко використовуваних стабілізаційних систем, закордонного виробництва, на вітчизняне вівсяне борошно у виробництві морозива без зниження показників якості готового продукту. В обох зразках спостерігали формування розгалуженої сітки із кристалів льоду дендритної форми, середні розміри яких не перевищують рекомендовані значення – 34,0 мкм [1]. Під час зберігання морозива за сталих температурних режимів (мінус 24±2 °С) не спостерігали суттєвих змін у формі й розмірах кристалів льоду (рис. 4.б), що є позитивним фактором для забезпечення якісних показників готового продукту.



а



б

Рис. 4. Розподіл кристалів льоду у морозиві:
 а - свіжовиготовлене
 б - після 12-ти місяців зберігання

Важливою умовою формування стабільної структури морозива із високими показниками якості є здатність кристалів льоду зберігати початкові розміри і форму за температурних коливань під час зберігання, транспортування й реалізації. З метою виявлення даної властивості загартовані зразки морозива піддані «тепловому шоку» шляхом нагрівання у термостаті протягом 10 ± 2 хв за температури 20 ± 2 °C й повторному заморожуванню за температури мінус 24 ± 2 °C протягом 24 год.

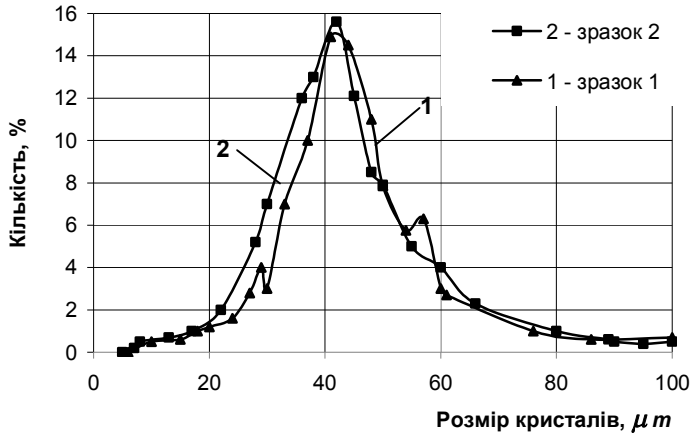


Рис.5. Розподіл кристалів льоду у морозиві після «теплого шоку»

В обох зразках морозива після "теплого шоку" відбулися зміни у розмірах й формі кристалів льоду, що обумовлено частковим переходом води з кристалічного стану у рідиноподібний. При цьому були виявлені поодинокі кристали льоду розмірами, близькими до 100 мкм, кількість яких не перевищувала 0,5 % (рис.5), формування льодянистої структури не спостерігали. На думку автора, цьому явищу сприяло утворення «захисного каркасу» із біополімерів навколо кристалів льоду (рис. 6).

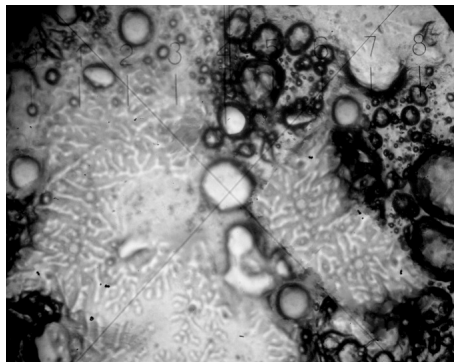


Рис. 6. Мікрофотографія морозива після «теплого шоку»

Згідно із дослідженнями [7] компоненти стабілізаційних систем у присутності білків молока здатні утворювати "захисний каркас" навколо початково сформованих

кристалів льоду, що попереджує міграцію молекул води до більш термодинамічно вигідних кристалів льоду [18], які є більшими за розмірами. Вільна волога після зниження температури викристалізується у тому ж місці, оскільки вона була немов би «зачиненою» у білково-вуглеводневій комірці.

Збереженню форми і розмірів кристалів льоду під час температурних коливань також сприяли й висока дисперсність повітряної фази (рис. 7) та збитість морозива – 110,1 й 117,1 %, відповідно у зразку 1 і 2. Причиною цього є те, що із збільшенням збитості і дисперсності повітряної фази теплопровідність морозива знижується [1] й тим самим забезпечує тривале зберігання як розмірів кристалів льоду, так і інших споживчих властивостей продукту.

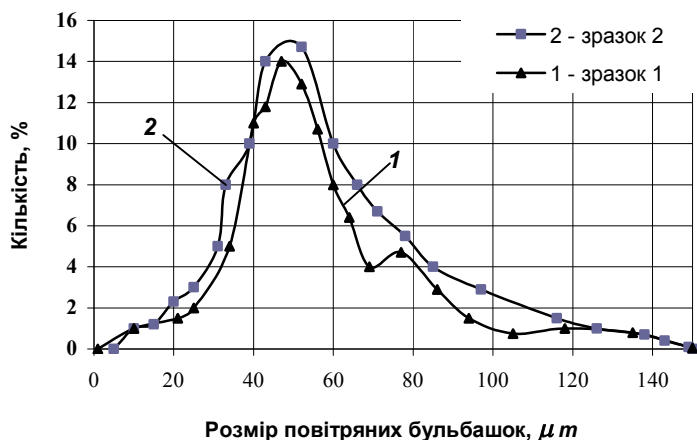


Рис. 7. Розподіл повітряних бульбашок у морозиві

Висновки

Вівсяне борошна доцільно застосовувати для забезпечення формування стабільної структури молочного морозива і зниженню ризику виникнення таких вад консистенції як піщанистість і льодянистість.

Часткова заміна молочних рецептурних компонентів на вівсяне борошно у кількості 3 % (від загальної кількості складових) знижує співвідношення між лактозою і водою у продукті до 6,01%, що гарантує утворення і збереження кристалів лактози розмірами до 10 мкм упродовж гарантованого строку придатності – 12 місяців. Комбінування молочної і рослинної сировини у складі морозива не знижує його органолептичні властивості, харчову та енергетичну цінність.

Додавання до складу молочного морозива 3 % вівсяного борошна компенсує до 50 % (від початкового вмісту) високоартісної сучасної стабілізаційної системи без негативного впливу на процес кристалізації водної фази у продукті. При цьому кристали льоду зберігають початкову дендритну форму і розміри відгалужених кристалів (в середньому 33,47 мкм) як при сталих температурах, так і при температурних коливаннях за рахунок утворення захисного білково-вуглеводневого "каркасу". Механізм формування даного «захисного каркасу», а також взаємодія його компонентів потребує подальшого вивчення.

Література

1. Справочник по производству мороженого / [Оленев Ю.А., Творогова А.А., Казакова Н.В., Соловьева Л.Н.]. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
2. Маршал Р. Мороженое и замороженные десерты / Маршал Р., Гофф Г., Гартел Р. ; пер. с англ. В.И. Василевського. – Спб. : Профессия, 2005. – 376 с.
3. Olson D.W. Properties of Frozen Dairy Desserts Processed by Microfluidization of their Mixes / D.W. Olson, C.H White, C.E Watson // Journal of Dairy Science. – 2002. – Vol. 86, № 4. – P. 1157-1167.
4. Livney Y.D. Influence of Temperature on Crystallization of Lactose in Ice cream / Y.D. Livney, D. P. Donhowe, R. W. Hartel // International Journal of Food Science & Technology. – 1995. – Vol. 30, № 3. – P. 311-320.
5. Adapa S. Mechanisms of Ice Crystallization and Recrystallization in Ice Cream: a review / S. Adapa, K.A. Schmidt, I.J. Jeon, T.J. Herald, R.A. Flores // Food Reviews International. – 2000. – Vol. 16, № 3. – P. 259-271.
6. Поліщук В.М. Позиція компанії «CHR. HANSEN» на ринку морозива / В.М. Поліщук // Світ морозива та холоду. – 2004. – № 1. – с.20-22.
7. Regard A. Ice Recrystallization Inhibition in Ice Cream as Affected by Ice Structuring Proteins from Winter Wheat Grass / A.Regard, H.D. Goff // Journal of Dairy Science. – 2006. – Vol. 89, № 1. – P. 49-57.
8. Griffith M. Antifreeze Proteins and their Potential Use in Frozen Foods / M. Griffith, K.V.Ewart // Biotechnology Advances B. – 1995. – Vol. 13, № 3. – P. 375-402.
9. Капрельянец Л. В. Функціональні продукти / Л. В. Капрельянец, К. Г. Іоргачова. – Одеса : Друк, 2003. – 312 с.
10. Bhatti R. Laboratory and Pilot Plans Extraction and Purification of β -glucans from Oat Grains / R. Bhatti // Journal of Cereal Chemistry. – 1999. – Vol. 22, № 2. – P. 163-170.
11. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлинс, Н.А. Вильямс (ред); пер.с англ. А.А.Кочетовой, Л.А. Сарафановой. – Спб. : ГИОРД, 2006. – 536 с.
12. Крусъ Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусъ, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина – М. : Колос, 2002. – 368 с.
13. Donhowe D. P. Determination of Ice Crystal Size Distributions in Frozen Desserts / D. P. Donhowe, R. W. Hartel, R. L. Bradley // Journal of Dairy Science. – 1999. – Vol. 74, № 10. – P. 3334-3344.
14. Huth P. Major Scientific Advances with Dairy Foods in Nutrition and Health / P. Huth, G. Miller // Journal of Dairy Science. – 2006. – Vol. 89, № 4. – P. 1207-1221.
15. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы/ Фролов Ю. Г. – М. : Химия, 1988. – 464 с.
16. Урьев Н. Б. Пищевые дисперсные системы / Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. – М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.
17. Азов Г. М. Справочник по производству мороженого / Г.М. Азов, А. Г. Бурмакин, И. Б. Гисин Г.М, Дезент. – М.: Пищевая пром-сть, 1970. – 432 с.
18. Flores A. A. Recrystallization in Ice Cream After Constant and Cycling Temperature Storage Conditions as Affected by Stabilizers / A. A. Flores, H. D. Goff // Journal of Dairy Science. – 1999. – Vol. 82, № 7. – P. 1408-1415.

References

1. Olenev Yu.A., Tvorogova A.A., Kazakova N.V., Solov'eva L.N. (2004), *Spravochnik po proizvodstvu morozhenogo*, DeLi print, Moskva.
2. Marshal R., Goff G., Gartel R. (2005), *Morozhenoe i zamorozhennye deserty*, Professiya, Sank-Peterburg.
3. D.W. Olson, C.H White, C.E Watson (2002), Properties of Frozen Dairy Desserts Processed by Microfluidization of their Mixes, *Journal of Dairy Science*, 86(4), pp. 1157-1167.
4. Y.D. Livney, D. P. Donhowe, R. W. Hartel (1995), Influence of Temperature on Crystallization of Lactose in Ice cream, *International Journal of Food Science & Technology*, 30(3), pp. 311–320.
5. S. Adapa, K.A. Schmidt, I.J. Jeon, T.J. Herald, R.A. Flores (2000), Mechanisms of Ice Crystallization and Recrystallization in Ice Cream: a review, *Food Reviews International*, 16(3), pp. 259–271.
6. Polishchuk V.M (2004), Prozytsiia kompanii «CHR. HANSEN» na rynku morozyva, *Svit morozyva ta kholodu*, 1, pp. 20-22.
7. A.Regard, H.D. Goff (2006), Ice Recrystallization Inhibition in Ice Cream as Affected by Ice Structuring Proteins from Winter Wheat Grass, *Journal of Dairy Science*, 89(1), pp. 49-57.
8. M. Griffith, K.V.Ewart (1995), Antifreeze Proteins and their Potential Use in Frozen Foods, *Biotechnology Advances*, 13(3) pp. 375–402.
9. L. V. Kaprel'yants, K. G. Iorgachova (2003), *Funktsional'ni produkti*, Druk, Odesa.
10. Bhatti R. (1999), Laboratory and Pilot Plans Extraction and Purification of β -glucans from Oat Grains, *Journal of Cereal Chemistry*, 22(2), pp. 163-170.
11. G.O. Fillins, N.A. Vil'yams (2006), *Spravochnik po gidrokoloidam, trans. from eng. A.A.Kochetova, L.A. Sarafanova*, GIORD, Sankt-Peterburg.
12. G. N. Krus', A. M. Shalygina, Z. V. Volokitina (2002), *Metody issledovaniya moloka i molochnikh produktov*, Kolos, Moskva.
13. D. P. Donhowe, R. W. Hartel, R. L. Bradley (1999), Determination of Ice Crystal Size Distributions in Frozen Desserts, *Journal of Dairy Science*, 74(10), pp. 3334-3344.
14. P. Huth, G. Miller (2006), Major Scientific Advances with Dairy Foods in Nutrition and Health, *Journal of Dairy Science*, 89(4), pp. 1207-1221.
15. Frolov Yu. G. (1988), *Kurs kolloidnoy khimii. Poverkhnostnye yavleniya i dispersnye sistemy*, Khimiya, Moskva.
16. N. B. Ur'ev, M. A. Taleysnik (1985), *Pishchevye dispersnye sistemy*, Agropromizdat, Moskva.
17. G.M. Azov, A. G. Burmakin, I. B. Gisin, G.M Dezent (1970), *Spravochnik po proizvodstvu morozhenogo*, Pishchevaya promyshlennost', Moskva.
18. A. A. Flores, H. D. Goff (1999), Recrystallization in Ice Cream After Constant and Cycling Temperature Storage Conditions as Affected by Stabilizers, *Journal of Dairy Science*, 82(7), pp. 1408-1415.