

УДК 663.674

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ДИСПЕРСНОСТИ КРИСТАЛЛОВ ЛЬДА В МОРОЖЕНОМ ПЛОМБИР

Шобанова Т.В., Творогова А.А., *д-р техн. наук*

*Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности –  
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)*

**Реферат.** Приведены результаты исследований и оценки дисперсности кристаллов льда в мороженом пломбир по показателям «средний размер кристаллов льда», «доля кристаллов льда до 50 мкм» и графическому распределению кристаллов льда по размерам. Установлена прямо пропорциональная зависимость дисперсности кристаллов льда от массовой доли жира в мороженом пломбир, что важно учитывать при решении вопросов формирования и стабилизации структуры продукта.

**Ключевые слова:** мороженое пломбир, кристаллы льда, дисперсность

**Abstract.** The results of study and estimation of the dispersion of ice crystals in the ice-creamplombir on the basis of the indices "average size of ice crystals", "fraction of ice crystals up to 50 μm" and graphic distribution of ice crystals by sizes are given. The direct proportional dependence of the dispersion of ice crystals on the mass fraction of fat in the ice-cream plombiris determined, which is important while formation and stabilization of the structure of this product.

**Keywords:** the ice-cream plombir, ice crystals, dispersity

**Введение.** Высокое качество мороженого в России неизменно связывают с мороженым пломбир, производство которого в настоящее время составляет более 50 %.

Важными потребительскими характеристиками мороженого являются кремообразная консистенция и структура без органолептически ощутимых кристаллов льда. Наличие мелких кристаллов льда в мороженом необходимо для обеспечения их быстрого таяния и создания гладкой текстуры (ощущений при разжевывании). Как правило, размер кристаллов льда бывает разным и варьирует от нескольких мкм до более, чем 100 мкм. Порогом органолептической ощутимости кристаллов льда в последнее время считают величину 50 мкм.

В ходе фризирования и закаливания в мороженом образуются многочисленные мелкие кристаллы льда, размер которых зависит от условий переработки и состава смеси для мороженого [1]. Задача этих производственных стадий – образование максимально возможного количества мелких кристаллов льда для получения гладкой текстуры, но тем самым также препятствуют изменению распределения размеров кристаллов льда в течение срока годности, поскольку, чем меньше их начальные размеры, тем больше времени требуется для возникновения органолептически ощутимых кристаллов льда [2].

На свойства кристаллов льда в мороженом влияют также тип и массовая доля ингредиентов смеси. Известно, что на органолептическое восприятие «льдистости» в ходе хранения влияет молочный жир [3]. Тенденция кристаллов льда к росту в отдельных разновидностях мороженого снижается в следующей последовательности: продукт без жира, мороженое типа молочного, сливочного и пломбира. В связи с этим, можно сделать вывод о том, что жировые шарики механически препятствуют росту кристаллов льда в мороженом, замедляя скорость рекристаллизации [4].

Несмотря на то, что в нормативных и технических документах непосредственно не нормируются размеры структурных элементов, их величина косвенно учитывается при оценке состояния структуры и консистенции мороженого. В частности, в ГОСТ 31457-2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия» в требованиях к состоянию структуры не допускается присутствие органолептически ощутимых кристаллов льда, а в требованиях к консистенции указывается ее состояние для закаленного мороженого – «плотная» [3,5].

С учетом отмеченного, во ВНИХИ проведены исследования по определению дисперсности кристаллов льда в разновидности мороженого с наиболее высокой массовой долей жира (пломбире с массовой долей жира 12 %, 15 % и 20 %). Целью исследований являлось установление влияния жировой фазы на формирование и стабилизацию структуры продукта.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследования являлись мороженое пломбир с массовой долей жира 12 %, 15 % и 20 % .

Для исследования применялся современный метод определения кристаллов льда и их морфологии. Метод включает микрофотографирование объектов исследования встроенной фотокамерой светового микроскопа при температуре не выше минус 18 °С, определение размеров кристаллов льда и математический расчет распределения кристаллов льда по размерам. Использовали подключенный к ПК световой микроскоп Olympus CX 41 с фотокамерой и термо-крио- столиком PE 120. Исследование проводили при увеличении  $\times 100$ . Каждый образец исследовали не менее чем в 3-х кратной повторности со съемкой не менее 5 кадров в каждой повторности. Полученные изображения обсчитывали в программе ImageScore M.

**Обсуждение результатов.** В условиях экспериментальной лаборатории изготовлены экспериментальные партии мороженого пломбир с массовой долей жира 12 % (образец 1), 15 % (образец 2) и 20 % (образец 3), соответствующие требованиям ГОСТ 31457-2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия». Закаливание образцов происходило в холодильной камере с температурой не менее минус 30 °С в течение 36 часов, хранение образцов – при температуре минус 18 °С.

Исследование кристаллов льда проводили после закаливания образцов, через 1 месяц и 4 месяца хранения.

Размер и морфология кристаллов льда в значительной степени сказывается на органолептических показателях продукта. Исследования показали, что во всех экспериментальных образцах после закаливания формируются мелкие, органолептически не ощутимые (менее 50 мкм) кристаллы льда (табл.).

По результатам исследований, приведенных в табл., видно, что в мороженом с массовой долей жира 20 % формируются наиболее мелкие кристаллы льда, средний размер их через 4 месяца хранения не превысил значения 25 мкм.

Дисперсность структурных элементов в мороженом при хранении предопределяет их исходное состояние. В частности, размер кристаллов льда зависит от числа центров зародышеобразования (нуклеации).

Учитывая в мороженом пломбир высокую дисперсность жира и его массовую долю, можно предположить, что частицы жира в этом продукте, в отличие от нежирных или маложирных разновидностей мороженого способны обеспечить высокий уровень нуклеации. Повышение массовой доли жира от 12 % до 15 % и 20 % приводит к снижению среднего размера кристаллов льда на 9 % и 26 %, соответственно. Количественная доля кристаллов льда до 50 мкм через 4 месяца хранения во всех образцах составила 96-98 %. Микрофотографии кристаллов льда в мороженом пломбир представлены на рис. 1.

Таблица – Дисперсность кристаллов льда в мороженом пломбир в процессе хранения

Наименование образца	Кристаллы льда		
	Средний размер, мкм	Доля, %, с размером	
		до 50 мкм	до 70 мкм
Образец 1: после закаливания	33	90	97
через 1 месяц хранения	31	97	100
через 4 месяца хранения	34	96	100
Образец 2: после закаливания	32	89	98
через 1 месяц хранения	34	95	98
через 4 месяца хранения	31	96	100
Образец 3: после закаливания	27	94	99
через 1 месяц хранения	26	95	99
через 4 месяца хранения	25	98	100

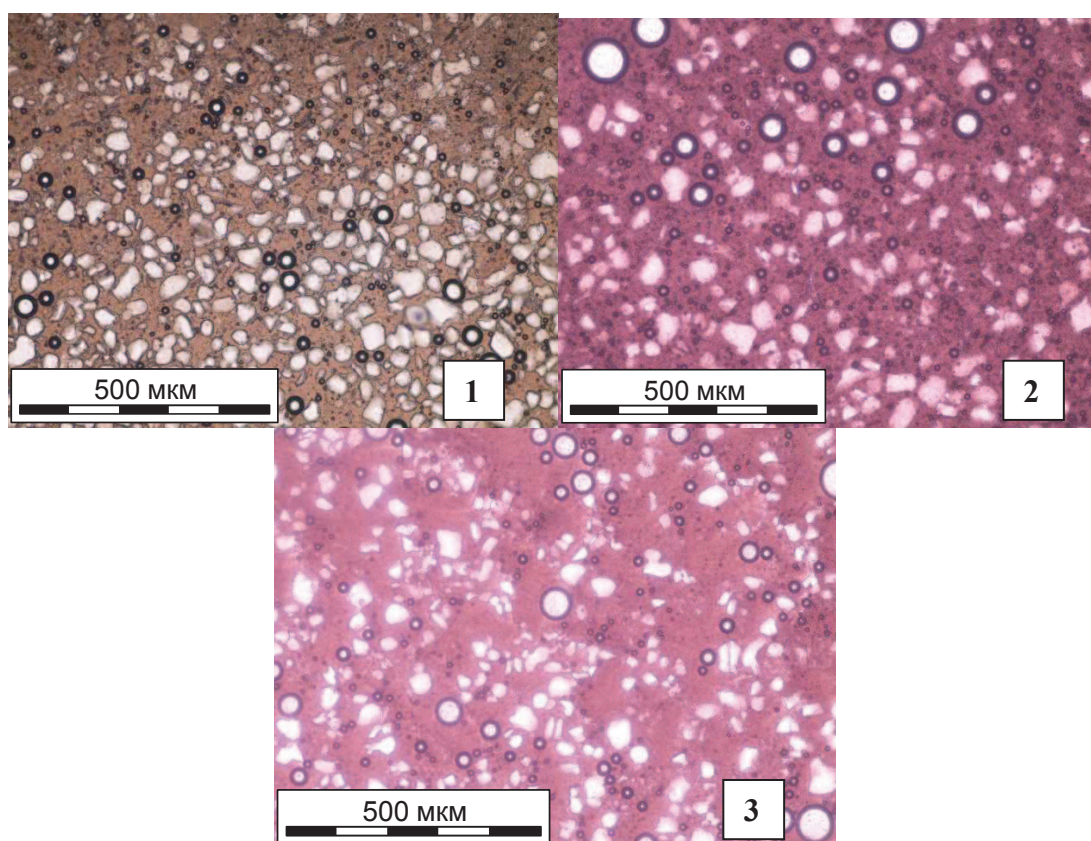


Рис.1. Микрофотографии кристаллов льда в мороженом через 4 месяца хранения:  
1 – образец 1; 2 – образец 2; 3 – образец 3

Наиболее достоверное представление о распределении кристаллов льда по размерам дает графическая обработка результатов исследований.

На рис. 2 приведены кривые распределения кристаллов льда по размерам.

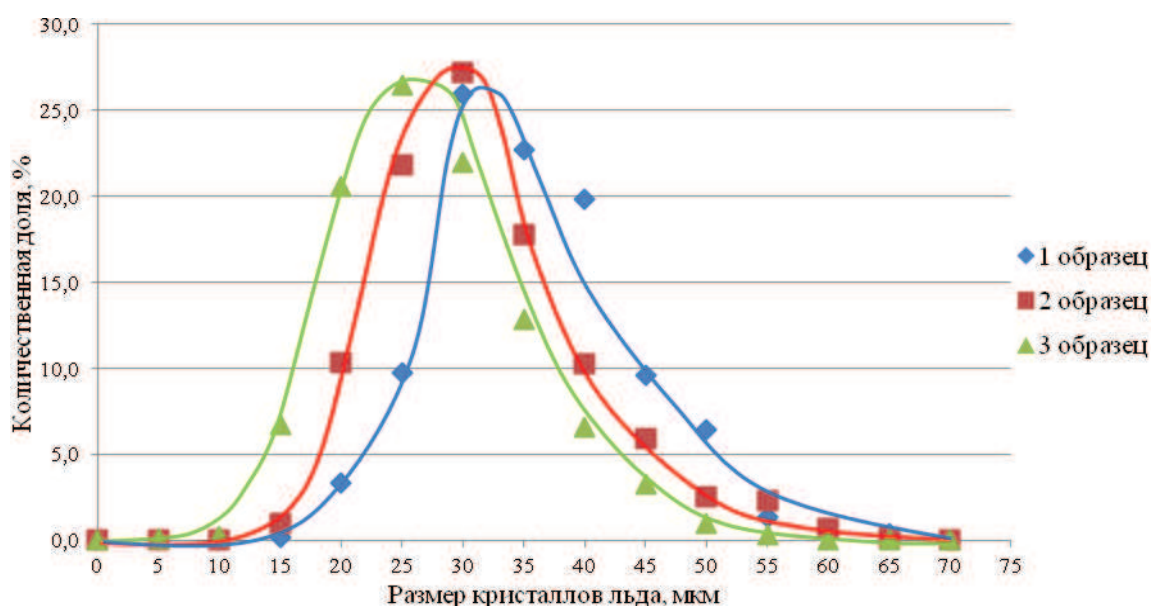


Рис. 2. Распределение кристаллов льда по размерам в мороженом пломбир в процессе хранения при температуре минус 18 °С

Как следует из данных, приведенных на рис. 2, во всех разновидностях мороженого пломбир достигнута высокая дисперсность кристаллов льда. О некотором снижении дисперсности этих структурных элементов свидетельствует перемещение пика синусоиды по оси X вправо. Пика синусоиды соответствуют значения размеров кристаллов льда для мороженого с массовой долей жира 12 %, 15 % и 20 % соответственно 32, 30 и 25 мкм.

**Выводы.** В результате исследований установлено, что жировая фаза в мороженом пломбир оказывает положительное влияние на формирование и дисперсность кристаллов льда, оцениваемую по показателям «средний размер кристаллов льда», «доля кристаллов льда до 50 мкм» и графическому распределению кристаллов льда по размерам. Результаты исследований дают возможность предположить о влиянии частиц жира на процесс нуклеации, что важно учитывать при решении вопросов стабилизации структуры мороженого.

### Литература

1. Aleong, J. Ice recrystallization inhibition in ice cream by propylene glycol monostearate // J. Food Sci. – 2008– 73(9) – P. 436- 468.
2. Гофф, Г.Д. Мороженое / Г.Д. Гофф, Р.У. Гартел. – СПб.: Профессия, 2016. – 540 с.
3. Творогова, А. А. Состояние кристаллов льда в традиционном мороженом при хранении / А.А. Творогова, Т.В. Коновалова, А.В. Спиридонова, И.А. Гурский // Молочная промышленность. – 2016. – № 8. – С. 57-58.
4. Adleman, R. Lipid crystallization and its effect on the physical structure of ice cream // Crystallization processes in fast and lipid systems / Garti N., Sato K. (eds). – NY: Marcel Dekker, 2001. – P. 381-427.
5. Оленев, Ю.А. Справочник по производству мороженого / Ю.А. Оленев, А.А. Творогова, Н.В. Казакова, Л.Н. Соловьева. – М.: ДеЛи Принт. – 2004. – 798 с.