УДК 641:613.2
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-19

Особенности технологии

обогащенных взбитых кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном состоянии*

Антонина Анатольевна Творогова, д-р техн. наук, главный научный сотрудник
E-mail: antvorogova@yandex.ru
Игорь Алексеевич Гурский, аспирант
Наталия Владимировна Казакова, канд. техн. наук, старший научный сотрудник
Игорь Антонович Королев, канд. техн. наук, научный сотрудник
ВНИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

Производство обогащенных кисломолочных продуктов длительного срока годности с использованием технологии мороженого позволяет расширить ассортимент продукции функциональной направленности за счет употребляемых в размороженном виде разновидностей. Важной особенностью технологии является применение стабилизаторов-гелеобразователей, способных удерживать влагу и сохранять структуру геля после размораживания. Формированию структуры продукта с высокой дисперсностью структурных элементов и сохранению дисперсности воздушной фазы в размороженном состоянии способствует принятый в технологии мороженого процесс единовременного насыщения смеси воздухом и замораживания. Технология базируется на экспериментально обоснованных параметрах технологического процесса с учетом теплофизических свойств продукта. Функциональную направленность изготовляемого в соответствии с разработанной технологией продукта могут определять такие показатели, как низкое содержание жира, низкий гликемический индекс, обогащение белком и пищевым волокном, пробиотические свойства.

Ключевые слова: *обогащенные взбитые кисломолочные десерты, употребление в размороженном виде, дисперсность, функциональная направленность.*

Tvorogova A. A., Gursky I. A., Kazakova N. V., Korolev I. A. Features of the technology of enriched whipped fermented milk desserts consumed in a thawed state
VNIHI – Branch of Gorbatov Research Center for Food Systems

The production of enriched fermented milk products with a long shelf life using ice cream technology makes it possible to expand the range of functional products due to the varieties used in thawed form. An important feature of the technology is the use of gel-forming stabilizers capable of retaining moisture and maintaining the gel structure after thawing. The formation of a product structure with a high dispersion of structural elements and the preservation of the dispersion of the air phase in the defrosted state are facilitated by the process of simultaneous saturation of the mixture with air and freezing, adopted in the technology of ice cream. The technology is based on experimentally substantiated parameters of the technological process, taking into account the thermophysical properties of the product. The functional orientation of a product manufactured in accordance with the developed technology can be determined by such indicators as low fat content, low glycemic index, enrichment with protein and dietary fiber, and probiotic properties.
Key words: *enriched whipped sour-milk desserts, consumption in thawed form, dispersion, functional orientation.*

Популярные кисломолочные продукты характеризуются непродолжительным сроком годности. Замораживание с целью его увеличения приводит к необратимым изменениям в структуре продуктов и потере исходных органолептических показателей [1]. Однако отмеченных недостатков можно избежать, если производить кисломолочные продукты с применением технологии мороженого. Она предусматривает использование стабилизаторов и сахаров с целью увеличения массовой доли сухих веществ для формирования структуры и консистенции при замораживании продукта [2]. Насыщение смеси воздухом в процессе фризерования позволяет получать продукты с новыми органолептическими свойствами. Наличие воздуха в структуре продукта облегчает пищеварение благодаря улучшению доступа ферментов к субстратам [3].

Формированию кристаллов льда в процессе замораживания кисломолочного десерта следует уделять особое внимание. Морфология и размер кристаллов льда влияют на выживаемость молочнокислых микроорганизмов не только в готовом продукте, но и на стадии его термомеханической обработки во фризере, способной повредить, нарушить функциональность и разрушить мембраны бактериальных клеток [4].

Взбитые кисломолочные десерты представляют собой структурированный продукт, состоящий из незамерзающей плазмы с распределенными в ней кристаллами льда, воздушными пузырьками, жировыми шариками и их агломератами. При использовании эффективных стабилизаторов-гелеобразователей, плазма может принять консистенцию геля, что позволит снизить подвижность структурных элементов и тем самым сохранить их дисперсность [5, 6].

Использование стабилизаторов-гелеобразователей важно и с позиций сохранения консистенции и структуры размороженных десертов [7]. Изменение структурных элементов в процессе размораживания влияет на показатели текстуры: твердость, липкость, адгезионную силу, восстанавливаемую деформацию и др. [8, 9]. Кристаллы льда при размораживании плавятся. Если в процессе хранения они были подвергнуты перекристаллизации, то могут оказать отрицательное влияние на показатели текстуры, а следовательно, и качество готового изделия [10].

Учитывая, что десерты употребляются в размороженном состоянии, нет необходимости готовить их с высокой массовой долей жира, определяющей консистенцию продукта. Кремообразная консистенция в размороженных десертах обеспечивается стабилизаторами-гелеобразователями и белком в коагулированном состоянии. Дополнительное введение концентратов сывороточных

**Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по Государственному заданию ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.*

белков при этом способствует упрочнению структуры, повышению биологической ценности белков продукта и улучшению его технологических свойств [11, 12]. На консистенцию продукта положительное влияние оказывают и пищевые волокна, взаимодействующие с водой с образованием гель–частиц, создающих сенсорное ощущение присутствия жира [1].

Создание научно обоснованной технологии обогащенных взбитых кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном состоянии, является актуальной задачей, способствующей расширению ассортимента продукции функциональной направленности.

РОЛЬ СТАБИЛИЗАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ДЕСЕРТОВ

Поскольку кисломолочные десерты могут употребляться в замороженном и размороженном состоянии, особое внимание стоит уделять стабилизации их структуры в процессе приготовления. Порция десерта после размораживания должна иметь товарный вид, критерием оценки которого может служить способность сохранять форму при 4±2 °С.

В пищевой промышленности используются в основном четыре гелеобразователя: агар, желатин, каррагинан и пектин. Важным условием отбора гелеобразователей служила их способность сохранять структуру геля после размораживания и влагоудерживающую способность. В результате исследований установлено, что этим требованиям отвечает в наибольшей степени желатин. При его использовании форма порции и высокая дисперсность воздушной фазы сохраняются в течение суток, при использовании пектина — в течение 4 ч.

Учитывая, что десерты изготавливаются по технологии мороженого, важно, чтобы динамическая вязкость смеси при подаче во фризер была минимальной. При технологически необходимой концентрации желатина 1,3 % нежелательное увеличение вязкости происходило при температуре ниже 20 °С.

Выявлено положительное влияние желатина в количестве не менее 1 % на форму кристаллов льда (скругленная) и выживаемость молочнокислых микроорганизмов. Установлено, что в десертах с желатином формируются кристаллы льда без острых граней [13].

ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ВЗБИТЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ЗАМОРОЖЕННЫХ ДЕСЕРТОВ

Десерты можно производить на предприятиях двух отраслей — мороженого и молочной. Разработанные схемы производства представлены на рисунке 1. Основное различие способов производства кисломолочных десертов состоит в технологии насыщения смеси воздухом и замораживания. Установлено, что единовременное насыщение смеси воздухом и замораживание во фризере (по технологии мороженого) приводит к формированию кристаллов льда с высокой дисперсностью (рис. 2). Средний размер кристаллов льда составлял 35±13 мкм при использовании фризера на первой стадии замораживания, 56±22 мкм — при использовании холодильной камеры для полного цикла замораживания.

Способ производства замороженных кисломолочных десертов в значительной степени сказывается на состоянии и дисперсности воздушных пузырьков в замороженном и размороженном виде (табл. 1). Дисперсность воздушной фазы в замороженных десертах (точка 0 ч) и при выдерживании в течение 8 ч значительно отличается. Для десертов, полученных во фризере, характерны наименьший средний диаметр и менее выраженный разброс частиц по размерам.

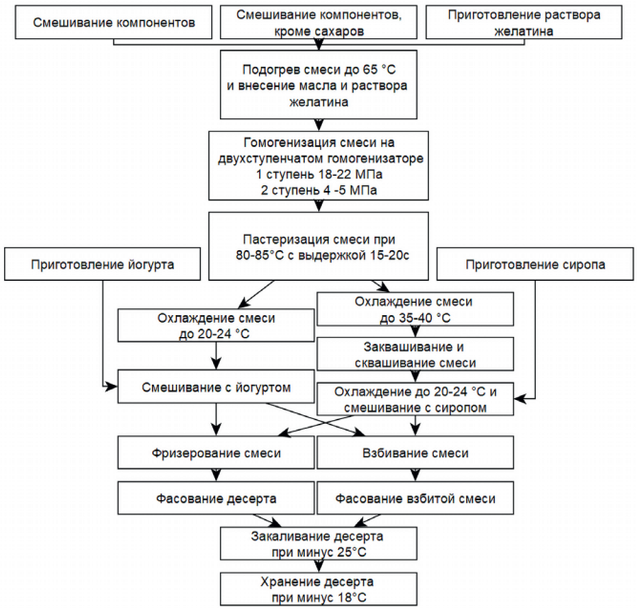

Рис. 1. Способы производства замороженных кисломолочных десертов

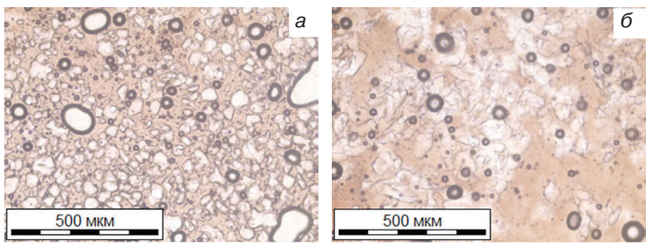

Рис. 2. Кристаллы льда в десертах при замораживании во фризере (а) и после насыщения десерта воздухом в холодильной камере (б)

Таблица 1

Дисперсность воздушной фазы образцов десерта

Время хранения при 4±2 °С, ч	Средний размер пузырьков воздуха (мкм) в десертах при насыщении смеси	
	во фризере	в миксере
0	31±16	65±45
2	41±19	61±39
4	38±25	59±43
6	41±25	56±44
8	40±28	57±49

Состояние воздушной фазы в значительной степени не отразилось на показателях текстуры в десертах через 4 ч выдерживания при 4±2 °С (табл. 2). На снижение показателей твердости, клейкости и восстанавливаемой деформации в большей степени сказалась взбитость. Более высокая взбитость (в 1,3 раза) была у образца, насыщенного воздухом во фризере.

Таблица 2

Текстура размороженных образцов десерта

Образец, насыщенный воздухом	Твердость, Н	Кажущийся модуль, Н/с	Клейкость, мДж	Адгезионная сила, Н	Восстанавливаемая деформация, мм
Во фризере	0,67±0,11	0,06±0,01	0,25±0,07	0,15±0,02	2,5±0,3
В миксере	1,08±0,12	0,08±0,01	0,20±0,07	0,16±0,02	2,8±0,2

Таким образом, взбитые кисломолочные десерты целесообразно производить в соответствии с технологией мороженого, предусматривающей единовременное насыщение воздухом и частичное замораживание во фризере специально приготовленной смеси.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЗБИТЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ДЕСЕРТОВ

Поскольку десерты получают по технологии мороженого и их состав существенно отличается от состава традиционного мороженого, для определения параметров производственного процесса необходимо знать теплофизические свойства продукта. С использованием дифференциальной сканирующей калориметрии определены теплофизические свойства трех образцов десертов с массовой долей жира 2,5 %, СОМО — 11, фруктозы — 10, инулина — 6 %. В образцах № 1 и 2 в качестве гелеобразователя использовали желатин, № 3 — пектин. В образцы № 1 и 3 вносили 30 % йогурта, а для образца № 2 подвергали сквашиванию всю молочную основу. В качестве контроля (образец № 4) использовали продукт традиционного состава в части количества сахаров (содержание сахарозы 17 %). Определяли теплоту фазовых переходов ($\Delta i_{ф.\ п}$) (рис. 3) и температуры криоскопическую ($t_{кр}$), замерзания ($t_з$) и стеклования ($t_{ст}$) (табл. 3).

Температуры стеклования ($t_{ст}$≈минус 52 °С) и замерзания ($t_з$≈минус 33,3 °С) образцов десертов № 1–3 значительно не отличаются, как и энтальпия их фазового перехода ($\Delta i_{ф.\ п}$≈176,0 кДж/кг), что свидетельствует об одинаковом количестве свободной и слабосвязанной влаги в продуктах. Замена желатина пектином не оказывает заметного влияния на удельную изобарную теплоемкость продукта.

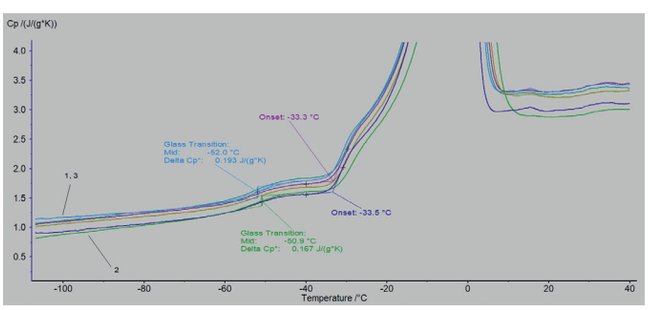

Рис. 3. Удельная изобарная теплоемкость кисломолочных десертов (образцы № 1–3)

Таблица 3

Теплофизические свойства десертов

Образец десерта	$t_{кр}$, °С	$t_з$, °С	$t_{ст}$, °С	$\Delta i_{ф.п.}$, кДж/кг
1	Минус 3,4	Минус 33,0	Минус 52,8	178,0
2	Минус 3,8	Минус 33,6	Минус 52,1	174,7
3	Минус 3,4	Минус 33,3	Минус 52,4	175,5
4	Минус 3,3	Минус 32,8	Минус 46,1	181,9

Единственное значимое отличие в реперных точках между продуктами заключается в криоскопической температуре. Так, добавление 30 % йогурта привело к ее снижению на 0,5 °С. Кроме того, внесение йогурта вызвало снижение теплоемкости образцов на 12 % во всей исследованной области температур. По сравнению с показателями десертов с использованием сахарозы в десертах с фруктозой снизилась криоскопическая температура на 0,1 и 0,5 °С и лишь незначительно теплота фазовых переходов (не более чем на 4 %). Отмеченные изменения не требуют коррекции температуры выгрузки из фризера образцов десерта № 1 и 3. Однако температура выгрузки из фризера образцов десерта № 2 должна быть снижена на 1–1,2 °С для достижения доли вымороженной воды во фризере 50 %.

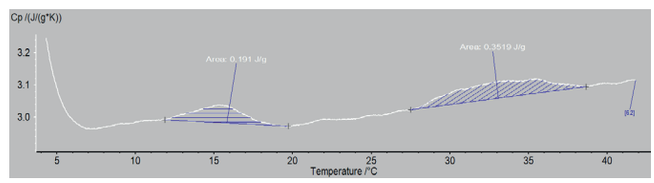

Рис. 4. Удельная изобарная теплоемкость образца № 2 в положительной области температур

На рисунке 4 показаны в увеличенном виде пики плавления содержащихся в десерте № 2 жиров. У образцов № 1–3 могут быть выделены два пика плавления жиров: тугоплавкой фракции в области температур от 12 до 20 °С и легкоплавкой фракции в области температур от 27 до 39 °С. Эти данные важно учитывать при определении влияния температуры продукта на количество деэмульгированного и агломерированного жира при фризеровании.

ТД ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДЕСЕРТОВ

На основании результатов исследований разработаны ТУ и ТИ ТУ 10.52.10-030-19811926–2022 «Десерты взбитые замороженные кисломолочные обогащенные». Документация распространяется на десерты взбитые замороженные кисломолочные, обогащенные пищевым волокном или пищевым волокном и белком, предназначенные для непосредственного употребления в пищу как в замороженном, так и размороженном состоянии в виде мусса.

Ассортимент продукции представлен кисломолочными десертами, изготовляемыми по двум технологиям. Одна из них предусматривает предварительное приготовление сквашенной смеси, вторая — использование готового кисломолочного продукта. Различия применяемых технологий отражаются в наименованиях десертов. Если смесь подвергается сквашиванию, то продукт называется:

- десерт ацидофильный с фруктозой, обогащенный пищевым волокном;
- десерт йогуртный с фруктозой, обогащенный пищевым волокном;

- десерт ацидофильный с фруктозой, обогащенный пищевым волокном и белком;
- десерт йогуртный с фруктозой, обогащенный пищевым волокном и белком.

В наименования десертов, изготавливаемых с использованием готовых кисломолочных продуктов, включают их наименования, например «десерт с ацидофилином с фруктозой, обогащенный пищевым волокном» и т. д.

Для расширения ассортимента предусмотрено использование продуктов переработки фруктов и ароматизаторов, что позволяет повысить потребительскую привлекательность десертов. Благодаря эффекту сочетания кисломолочного и фруктового вкуса формируется гармоничный вкус продукта. Кроме того, дополнительно повышается пищевая ценность за счет витаминов, пищевых волокон и макроэлементов фруктов.

При расчете и отработке рецептур кисломолочных десертов учитывали значения относительной сладости фруктозы (1,75) по отношению к сладости сахарозы, принятой за 1. Таким образом, сладость, обеспечивающая гармоничный вкус кисломолочных десертов с массовой долей сахарозы 17 %, при использовании фруктозы в качестве источника сладости может быть обеспечена при ее массовой доле 10 %, что без применения дополнительного количества сухих веществ не позволяет создать условия для придания десертам требуемой структуры и консистенции. Указанная задача решена посредством восполнения недостающего количества сухих веществ в продукте за счет применения с целью обогащения пищевых волокон и белков, а также крахмалопродуктов, обладающих нейтральным вкусом (мальтодекстрина или сухого глюкозного сиропа).

В разделе «Маркировка» ТУ приведена информация, позволяющая заявлять об отличительных признаках кисломолочных десертов, следующего содержания.

«При маркировке десертов производитель дополнительно может указывать информацию:
- о низком содержании жира в десертах с массовой долей молочного жира не более 3,0 %;
- о том, что десерты являются источником пищевого волокна при его массовой доле 3,0 %;
- о том, что десерты являются продуктом с высоким содержанием пищевого волокна при его массовой доле 6,0 %;
- о том, что десерты, обогащенные пищевым волокном и белком, являются источником пищевого волокна и белка;
- о том, что десерты, обогащенные пищевым волокном или пищевым волокном и белком, с массовой долей жира 1,0–3,0 % являются продуктом с высоким содержанием пищевых волокон и белка».

В ТУ предусмотрено нанесение на упаковку мороженого надписи «Для получения мусса десерт рекомендуется выдержать при 4±2 °С в течение 4–24 ч». Новизна технического решения отражена в патенте на изобретение.

ВЫВОДЫ

Разработана технология взбитых обогащенных кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном состоянии. Технология базируется на научно обоснованных параметрах процесса производства десертов и показателях качества десертов в размороженном состоянии. Определено влияние на теплофизические свойства десертов замены сахарозы на фруктозу, учитываемое при определении параметров выгрузки мороженого из фризера и определении эффекта деэмульгированого и агломерированного жира при термомеханической обработке смеси и десерта во фризере. Установлены преимущества консистенции и структуры десертов, подвергаемых замораживанию и единовременному насыщению продукта во фризере, по сравнению с продуктом с последовательным проведением процессов насыщения смеси воздухом и замораживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods:*** *International Institute of Refrigeration. 4-nd ed. — Paris, France: IIR, 2006. P. 176.*
2. ***Маккенн, Б. М.*** *Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы: пер. с англ. под научной редакцией Ю. Г. Базарновой/Б. М. Маккенн. — СПб.: Профессия, 2008. — 471 с.*
3. ***Bikos, D. A.*** *Effect of micro-aeration on the mechanical behaviour of chocolates and implications for oral processing/D. A. Bikos [et al.]// Food&function. 2021. V. 12. № 11. P. 4864–4886.*
4. ***Kemsawasd, V.*** *Effects of Frozen Storage on Viability of Probiotics and Antioxidant Capacities of Synbiotic Riceberry and Sesame-Riceberry Milk Ice Creams/V. Kemsawasd, P. Chaikham// Current Research in Nutrition and Food Science Journal. 2020. V. 8. № 1. P. 107–121.*
5. ***Творогова, А. А.*** *Мороженое в России и СССР: Теория. Практика. Развитие технологий/А. А. Творогова. — СПб.: ИД «Профессия», 2021. — 249 с.*
6. ***Warren, M. M.*** *Effects of emulsifier, overrun and dasher speed on ice cream microstructure and melting properties/M. M. Warren, R. W. Hartel// Journal of Food Science. 2018. V. 83. № 3. P. 639–647.*
7. ***Гурский, И. А.*** *Влияние количества желатина на показатели консистенции размороженного кисломолочного десерта/И. А. Гурский, А. А. Творогова// Холодильная техника. 2022. № 2. С. 123–130. DOI 10.17816/RF108504.*
8. ***Buriti, F. C.*** *Effects of refrigeration, freezing and replacement of milk fat by inulin and whey protein concentrate on texture profile and sensory acceptance of synbiotic guava mousses/F. C. Buriti, I. A. Castro, S. M. Saad// Food Chemistry. 2010. V. 123. № 4. P. 1190–1197.*
9. ***Гурский, И. А.*** *Состояние структуры размороженных аэрированных кисломолочных десертов при хранении/И. А. Гурский, А. А. Творогова, Т. В. Шобанова// Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 94–100.*
10. ***Lomolino, G.*** *Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation/G. Lomolino [et al.]// International Dairy Journal. 2020. V. 100. P. 104557.*
11. ***Творогова, А. А.*** *Биологические показатели качества белков обогащенного сливочного мороженого/А. А. Творогова, И. А. Гурский, Т. В. Шобанова// Молочная промышленность. 2022. № 3. С. 39–41.*
12. ***Творогова, А. А.*** *Технологические аспекты применения концентратов белков в обогащенном мороженом/А. А. Творогова, Т. В. Шобанова, Н. В. Казакова// Молочная промышленность. 2022. № 7. С. 48–51.*
13. ***Гурский, И. А.*** *Размороженные продукты с сохраненной микро- и макроструктурой/И. А. Гурский, А. В. Ландиховская, А. А. Творогова// Пищевые системы. 2022. Т. 5. № 3. С. 195–201.*