УДК 637.1:664.8.037.5
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-18

Концентрированные молочные модельные системы: изменение качества в процессе низкотемпературного хранения

Владислав Александрович Толмачев, инженер
Анастасия Евгеньевна Рябова, канд. техн. наук, научный сотрудник
E-mail: v_tolmachev@vnimi.org
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности

Одним из путей решения проблемы низкой хранимоспособности сырого молока является использование замороженных молочных концентратов. Для оценки потенциала их применения необходимо комплексное понимание воздействия отрицательных температур на стабильность и свойства молочных систем при длительном хранении и дальнейшей переработке. Исследовано влияние длительного низкотемпературного хранения на органолептические, физико-химические и технологические свойства концентрированных модельных молочных систем. Стабильность образцов молочных систем сохранялась в течение 3 мес, в дальнейшем регистрировалось значительное расслоение консистенции и образование хлопьев белка. Массовые доли белка, жира, лактозы, а также титруемая и активная кислотность значительно не изменялись. По алкогольной и тепловой пробе существенные изменения отмечены только после 6 мес хранения. На основании полученных данных продолжительность хранения после замораживания молочных систем должна составлять не более 3 мес.

Ключевые слова: *концентрированное молоко, замораживание, низкотемпературное хранение.*

Tolmachev V. A., Ryabova A. E. Concentrated milk model systems: quality changes during low-temperature storage
All-Russian Dairy Research Institute

One of the ways to solve the problem of low storability of raw milk is the use of frozen milk concentrates. A comprehensive understanding of the impact of negative temperatures on the stability and properties of dairy systems during long-term storage and further processing is necessary to assess the potential of their use. The effect of long-term low-temperature storage on the organoleptic, physico-chemical and technological properties of concentrated model milk systems has been studied. Stability of milk systems samples was kept for 3 months, further significant stratification of consistence and formation of protein flakes were registered. Mass fractions of protein, fat, lactose, as well as titratable and active acidity did not change significantly. On the alcohol and heat samples significant changes were noted only after 6 months of storage. Based on the data obtained, the duration of storage after freezing milk systems should not exceed 3 months.
Key words: *concentrated milk, freezing, low temperature storage.*

Плохая хранимоспособность сырого молока является вечной проблемой в снабжении молокоперерабатывающих предприятий сырьем [1]. Во многих случаях решением проблемы может стать использование сухого молока. Но дефицит и весомая импортозависимость данного продукта не позволяют в полной мере обеспечить ежегодные промышленные потребности. Например, общее количество сухого обезжиренного молока (СОМ) и сухого цельного молока (СЦМ), поставляемое из зарубежных стран в 2021 г., составляло порядка 80 тыс. т, или около 34 % от всего объема сухого молока, потребляемого в РФ [2].

Другое решение проблемы — использование замороженного концентрированного молочного сырья, успешно применяемого в производственной практике, особенно в последние годы [3]. Преимущество такого способа заключается в широкой локализации на предприятиях молочной промышленности вакуум-выпарных установок и активно внедряемого баромембранного оборудования, что позволяет наладить и нарастить выпуск молочных концентратов. Для полноценного использования замороженного молочного концентрированного сырья необходимо системное понимание воздействия на его свойства отрицательных температур.

Рассматривая влияние замораживания на качество молока и молочных продуктов, следует отметить, что образующиеся кристаллы льда могут оказывать деформационное воздействие на структурные компоненты продукта. Дестабилизация белков может привести к понижению термоустойчивости, повышению кислотности и отделению сыворотки. В жиросодержащих продуктах, помимо вышеперечисленного, может образовываться свободный жир с последующим его окислением [4–7]. Так, в работах Афанасьевой А. А. отмечен факт деформации белковых оболочек жировых шариков при длительном низкотемпературном хранении молочного жира, а также выявлена прямая зависимость их стабильности от температуры замораживания [6, 8].

Однако в научной литературе данные о влиянии хранения при отрицательных температурах на свойства концентрированных молочных продуктов единичны и фрагментированы. Хранению замороженных концентратов, полученных с помощью вакуум-выпарного оборудования, посвящены работы Саито и др., а также Уэллса с соавторами, которые отмечали увеличение вязкости и потерю растворимого кальция и фосфора [9]. Де ла Фуэнте М. А. с соавторами сообщали, что молочные концентраты дестабилизируются во время замораживания в связи с перераспределением минеральных оснований, изменением pH и увеличением размеров белковых частиц [10]. Схожие результаты получены Габером С. М. с соавторами [11] при хранении молочных концентратов в течение 12 сут при температуре минус 20 °С и ниже.

Цель работы — исследование влияния низкотемпературного хранения на органолептические, физико-химические и технологические свойства концентрированных молочных модельных систем. Объекты исследований — модельные молочные системы (табл. 1), полученные путем восстановления сухого обезжиренного и цельного молока в заданном количестве воды при 40±1 °С. После восстановления образцы помещали в пластиковую тару и закладывали на хранение в низкотемпературный лабораторный ларь Vestfrort VT 327 (Дания) с установленной температурой минус 30±1 °С. Пробы отбирали через 1, 3, 6 и 9 мес хранения. Образцы извлекали из морозильной камеры и дефростировали в холодильнике Ardo (Италия) при 10±1 °С.

Таблица 1

Рецептуры модельных молочных систем

Компонент	Содержание, г/100 г							
	1О	2О	3О	4О	1Ц	2Ц	3Ц	4Ц
СЦМ	–	–	–	–	12,5	25,0	37,5	50,0
СОМ	9,0	18,0	27,0	36,0	–	–	–	–
Вода	91,0	82,0	73,0	64,0	87,5	75,0	62,5	50,0

Таблица 2

Цифровая дискретная интервальная шкала, показывающая величину отклонения при оценке

Баллы	Устное описание
5	Интенсивность характеристики очень сильная
4	Интенсивность характеристики умеренная
3	Интенсивность характеристики слабая, но хорошо распознаваемая
2	Интенсивность характеристики очень слабая (на грани порога распознавания)
1	Признак отсутствует

Массовую долю белка определяли по ГОСТ 25179–2014 методом Кьельдаля с применением Kjeltec-2400 Auto Analyzer (Дания); массовую долю жира — по ГОСТ 5867–90 кислотным методом Гербера; массовую долю лактозы — по ГОСТ 32255–2013 поляриметрическим методом с применением сахариметра СУ-4 (Россия); термоустойчивость по алкогольной пробе — ГОСТ 25228–82; термоустойчивость по тепловой пробе — на устройстве контроля термоустойчивости УКТ-150 с модулем покачивания пробирок (Россия) при 85±1 °С в соответствии с методикой [12]; титруемую кислотность — согласно ГОСТ 30305.3–95 применительно к сгущенному стерилизованному молоку; органолептическую оценку — по ГОСТ Р ИСО 22935–2–2011 дескриптивным методом. По шкале, представленной в таблице 2, оценивали выявленные дескрипторы в динамике.

В течение 3 мес хранения все образцы оставались стабильными. Через 6 мес выявлены изменения консистенции (расслоение и образование многочисленных хлопьев белка), которые через 9 мес значительно усилились (рис. 1).

На рис. 2 представлены профилограммы, отражающие изменение консистенции образцов с наименьшим

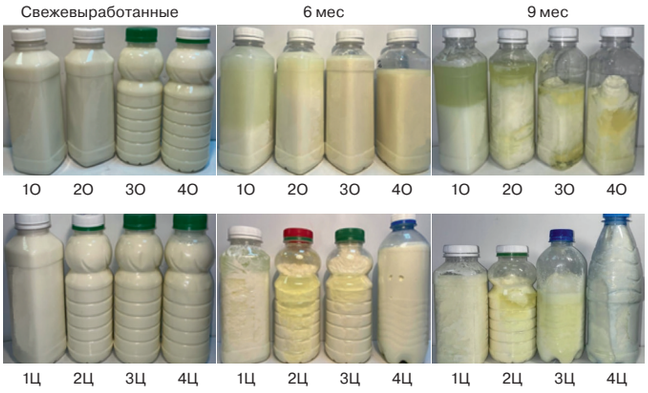

Рис. 1. Изменение консистенции молочных модельных систем в процессе хранения

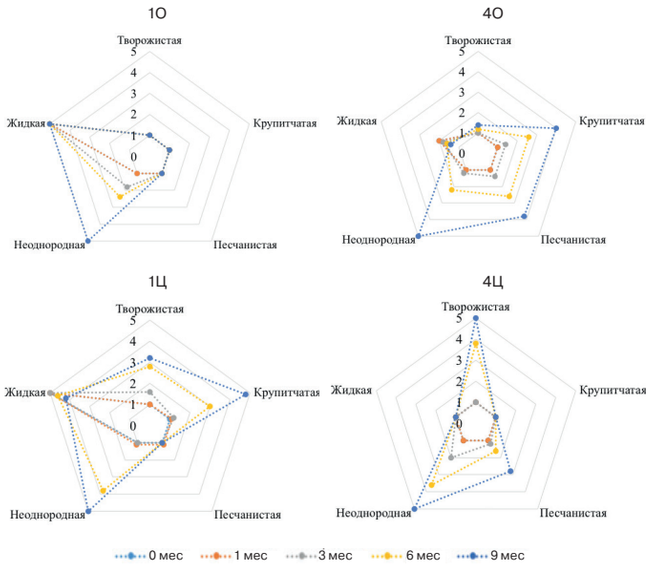

Рис. 2. Изменение консистенции образцов

и наибольшим содержанием сухих веществ (1О, 1Ц, 4О и 4Ц) на протяжении всего периода хранения. Помимо интенсифицирующегося расслоения у всех образцов, у образца 4О наблюдалось прогрессирование песчанистой и крупитчатой консистенции, 1Ц — крупитчатой и творожистой консистенции, 4Ц — песчанистой и творожистой консистенции. Подобные изменения могут быть обусловлены повышенным содержанием сухих веществ, а также образованием различных по объему белковых (у обезжиренных образцов) и белково-жировых (у цельных образцов) агломератов вследствие нарушения стабильности системы.

Также отмечены негативные изменения вкуса и запаха. В образцах обезжиренных модельных систем наблюдалось нарастание затхлого, белкового и кисловатого запахов, а также кисловатого и немолочного привкусов в течение всего срока хранения. В образцах цельных модельных систем выявлено значительное усиление кисловатого и немолочного запахов, а также белкового, кисловатого и злакового привкусов.

В течение 9 мес низкотемпературного хранения изменений массовой доли белка, жира, лактозы, а также титруемой и активной кислотности не выявлено (табл. 3). Незначительные изменения находились в области погрешностей методик.

Таблица 3

Физико-химические показатели свежевыработанных молочных модельных систем

Показатель	1О	2О	3О	4О	1Ц	2Ц	3Ц	4Ц
Массовая доля, %:								
белка	3,30	6,56	10,96	13,13	3,09	6,08	9,22	12,23
жира	0,05	0,10	0,15	0,20	3,55	6,80	10,50	13,70
лактозы	4,49	9,35	15,86	17,18	5,07	9,15	13,08	15,95
Титруемая кислотность, °Т	14	30	48	69	15	33	56	78
Активная кислотность	6,95	6,81	6,71	6,61	6,86	6,61	6,5	6,36

Таблица 4

Термоустойчивость молочных модельных систем по алкогольной и тепловой пробе

Образец	Термоустойчивость по алкогольной пробе, группа		Продолжительность выдержки образцов до появления первых признаков коагуляции, мин	
	Свежевыработанный	3 мес хранения	Свежевыработанный	3 мес хранения
1О	I	I	Более 90	Более 90
2О	II	II	Более 90	Более 90
3О	Ниже V	Ниже V	Более 90	85
4О	Ниже V	Ниже V	32	29
1Ц	I	I	Более 90	Более 90
2Ц	IV	IV	Более 90	Более 90
3Ц	Ниже V	Ниже V	Более 90	85
4Ц	Ниже V	Ниже V	12	10

В процессе промышленной переработки молочные концентраты предполагают дальнейшее восстановление и обработку при высоких температурах. В связи с этим исследована термоустойчивость восстановленных и концентрированных образцов. Определить термоустойчивость образцов можно было только через 3 мес хранения, поскольку через 6 мес произошло расслоение консистенции с образованием многочисленных хлопьев белка. Лучший результат среди свежевыработанных концентрированных образцов имел образец 2О (II группа термоустойчивости), что обусловлено наименьшим содержанием сухих веществ. Остальные образцы имели IV и ниже группы термоустойчивости. Эта же тенденция сохранилась после 3 мес хранения (табл. 4). Образцы 2О, 3О, 4О восстанавливали до массовой доли сухих веществ 9 %, 2Ц, 3Ц и 4Ц — до 12,5 %, 1О и 1Ц не восстанавливались. Все восстановленные образцы после 3 мес хранения выдержали алкогольную пробу с 82 % этиловым спиртом, что соответствует I группе термоустойчивости.

Более объективным методом с большей чувствительностью и достоверностью результатов является тепловая проба. Наименьшую тепловую стабильность имели образцы 4О и 4Ц (32 и 12 мин соответственно), что связано с высокими концентрациями сухих веществ. Через 3 мес термоустойчивость незначительно снизилась у образцов 3О, 4О, 3Ц и 4Ц (на 5, 3, 5 и 2 мин соответственно), что можно объяснить снижением стабильности белковых молекул и их частичной абиогенной деградацией в процессе хранения [2]. Продолжительность температурной выдержки всех восстановленных образцов составила более 90 мин и не снизилась после 3 мес хранения.

Таким образом, замораживание и дальнейшее хранение концентрированных молочных систем целесообразно осуществлять в течение не более 3 мес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Кручинин, А. Г.*** *К вопросу влияния замораживания на технологические свойства молока/А. Г. Кручинин [и др.]// Вестник Международной академии холода. 2020. № 3. С. 58–63.*

2. ***Мировой рынок:*** *молочная продукция [Электронный ресурс]. URL: https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2022/02/Мировой рынок молочная продукция январь 22.pdf*

3. ***Молоко концентрированное замороженное*** *[Электронный ресурс]. URL: https://agroserver.ru/b/moloko-kontsentrirovannoe-zamorozhennoe-1191085.htm.*

4. ***Dalvi-Isfahan, M.*** *Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage/M. Dalvi-Isfahan [et al.]// Journal of Food Engineering. 2019. № 555. P. 50–60. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011.*

5. ***Bronfenbrener, L.*** *Kinetic approach to modeling the freezing porous media: application to the food freezing/L. Bronfenbrener, M. A. Rabeea // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2015. №. 87. P. 110–123. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cep.2014.11.008.*

6. ***Афанасьева, А. А.*** *Основные проблемы на пути использования замороженных сливок для производства сливочного масла/А. А. Афанасьева, Е. В. Топникова, Н. В. Иванова// Все о мясе. 2020. № 5S. С. 44–45. DOI: https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-44–45.*

7. ***Туровская, С. Н.*** *Исследование свойств замороженного молока/С. Н. Туровская [и др.]// Молочная промышленность. 2021. № 2. С. 32–35. DOI: https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-02-32-34.*

8. ***Афанасьева, А. А.*** *Влияние замораживания, низкотемпературного хранения и дефростации на качество сливок/А. А. Афанасьева// Пищевые системы. 2021. № 3S. С. 12–16. DOI: https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-12–16.*

9. ***Saito, Z.*** *Studies on frozen milk: Frozen storage of whole milk, homogenized milk, skim milk and their concentrates/Z. Saito, R. Niki, Y. Hashimoto// Journal of the Faculty of the Agricultural Hokkaido University. 1963. V. 53. №. 2. P. 200–227.*

10. ***De la Fluente, M. A.*** *Changes in the mineral balance of milk submitted to technological treatments/M. A. De la Fluente// Trends in Food Science & Technology. 1998. V. 9. № 7. P. 281–288.*

11. ***Gaber, S. M.*** *Effect of freezing temperatures and time on mineral balance, particle size, rennet and acid coagulation of casein concentrates produced by microfiltration/S. M. Gaber [et al.]// International Dairy Journal. 2020. V. 101. P. 104563. DOI: https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104563.*

12. ***Толмачев, В. А.*** *Влияние низкотемпературного хранения на молочные концентраты/В. А. Толмачев, А. Е. Рябова// Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов — регионам. — Вологда-Молочное: Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина. 2022. С. 142–146.*