УДК 637.142.22
DOI: 10.31515/1019-8946-2023-04-42-44

Модель хранения сгущенного молока с сахаром в критических температурных условиях

Екатерина Ивановна Большакова, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности
E-mail: e_bolshakova@vnimi.org

Проанализированы данные о влиянии различных условий хранения, в частности температуры, на качественные характеристики сгущенного молока с сахаром. Сформирована структура потенциального и уже реализующегося экспорта продукта с описанием логистических путей. Разработана двухвариантная модель хранения сгущенного молока с сахаром в расширенном температурном диапазоне от минус 50 до 50 °С и от 50 до минус 50 °С с перечнем рекомендуемых к исследованию качественных показателей. Исследования, проведенные по данной модели, позволят получить кинетику изменений белковой, жировой и углеводной составляющей продукта при различных температурах. Это послужит основой для практических решений по повышению качества сгущенного молока с сахаром, направляемого для реализации в отдаленные регионы. Результаты таких исследований могут стать инструментом для прогнозирования хранимоспособности сгущенного молока с сахаром в процессе его транспортирования.

Ключевые слова: *сгущенное молоко с сахаром, модель хранения, критические температуры.*

Bolshakova E.I. The model for sweetened condensed milk storage under critical temperature conditions
All-Russian Dairy Research Institute

This paper analyses existing data on the effect of different storage conditions, in particular temperature, on the quality characteristics of sweetened condensed milk. Also, a structure of potential and already realised sugar exports has been generated, with a description of the logistics pathways based on a number of information sources. The result of the work was a two-variant model of condensed milk with sugar storage in critical temperature ranges from minus 50 to 50 °C and from 50 to minus 50 °C with a list of recommended quality indicators to be investigated. The studies made on the basis of the given model will allow to receive kinetics of changes of protein, fat and carbohydrate components of a product in a wide range of temperatures.

Key words: *sweetened condensed milk, storage model, critical temperatures.*

Сгущенное цельное молоко с сахаром — продукт стратегического хранения, который включен в номенклатуру государственного резерва более 80 лет и играет значимую роль в обеспечении питанием людей, находящихся в автономных условиях существования или регионах с ограниченными возможностями развития молочного животноводства. Совокупность ценных свойств продукта обусловливает повышенное внимание к решению проблем его производства. Успешность технологического процесса напрямую влияет на качество сгущенного молока с сахаром и его хранимоспособность. Необходимо четко представлять кинетику изменения пищевой системы в ходе транспортирования, так как в настоящее время большинство предприятий осуществляют логистику без использования специального изотермического транспорта (в том числе рефрижераторов), позволяющего поддерживать температуру в нормируемых стандартом диапазонах.

Важны изучение и регулирование факторов, влияющих на изменение качественных характеристик продукта, для сохранения его технологического потенциала. Так, Ряжских В. И. и др. спроектировали консервированный молокосодержащий продукт и разработали математическую модель, описывающую квазистационарный процесс его хранения [1]. Для расчета хранимоспособности по данной модели требуется экспериментальное определение градиентных характеристик вязкости и кислотности. Patel A. A. et al. разработали модель оценки хранимоспособности сгущенного молока, изготовленного из молока буйволиц, по показателям изменения цвета в результате реакции Майяра, которые значительно различались для двух диапазонов температур: 7–30 и 30–55 °С [2]. Однако, по данным Петрова А. Н. и др., интегральный показатель качества молочных консервов включает органолептические, физико-химические и микробиологические показатели в совокупности с оценкой и идентификацией потенциально опасных веществ [3].

Сегодня актуализируется налаживание новых и поддержание существующих логистических путей импорта и экспорта. Согласно прогнозам Минтранса России, международные транспортные коридоры «Север-Юг», Азово-Черноморское и восточное направления ждут значительный рост грузопотоков [5].

Температурные изменения внешней среды в процессе транспортирования из одной климатической зоны в другую могут спровоцировать значительные изменения не только пищевой системы в целом, но и упаковки. Например, в циклическом эксперименте по хранению молочных консервов в изменяющихся климатических условиях (продолжительность циклов — от 1 до 3 сут) зафиксировали точечную коррозию на внешней поверхности тары, изготовленной без лакового покрытия [6]. Исследователи подчеркивают, что конденсат, способный повлиять на инициацию коррозионных процессов жестяной банки, не будет выпадать при условии превышения температуры поверхности над точкой росы складского воздуха. Рябова А. Е. и др. установили, что при температуре около минус 30 °С при хранении более 2 ч реологические характеристики модельных систем сгущенного молока с сахаром изменяются, продукт перестает быть текучим [7]. Туровская С. Н. и др. отметили, что нарушение рекомендуемых условий хранения сгущенного молока с сахаром (при температуре не более 20 °С и относительной влажности воздуха не более 85 %) способно вызывать нежелательные изменения в продукте физико-химической, ферментативной и микробиологической природы [4]. Ранее Петровым А. Н. и др. зафиксировано, что хранение сгущенного молока с сахаром при 25 °С и выше инициирует изменение цвета в течение 2–4 мес [8].

Учитывая, что за последнее десятилетие научно-практическая база исследований свойств молочных консервов была расширена, целесообразно модернизировать и объединить существующие подходы к оценке их хранимоспособности. Цель работы — разработка модели хранения сгущенного молока с сахаром в металлических банках при критических температурах от минус 50 до 50 °С и от 50 до минус 50 °С с определенным набором качественных показателей, рекомендуемых к исследованию.

СТРУКТУРА ЭКСПОРТА

В 2022 г. сократился экспорт для стран дальнего зарубежья по всем категориям молочных продуктов, кроме сухого и сгущенного молока [9]. Экспорт сгущенного молока за последние 10 мес 2022 г. увеличился на 16 %, что подчеркивает значимость исследования хранимоспособности продукта при транспортировании.

Структура экспорта крупнейшего белорусского предприятия по производству сгущенного молока (Рогачевского комбината) за 2021 г. и 6 мес 2022 г. включает Россию, Казахстан, Азербайджан, Таджикистан, Ливию, Иорданию, Саудовскую Аравию, Израиль и Монголию. Россия и Белоруссия имеют единое экономическое и рыночное пространство, в связи с чем Россия также может обладать экспортным потенциалом в указанные страны. Помимо этого для России существует возможность налаживания или наращивания экспорта сгущенного молока во Вьетнам, Китай, Индонезию и Алжир [10, 11]. Минсельхоз опубликовал данные о уже реализующемся экспорте сгущенного молока с российских предприятий в Китай и Германию в 2019 г., а также в Узбекистан в 2022 г. [12, 13]. В 2021 г. в ОАЭ из России также поставляли сухое, сгущенное молоко и сливки [14].

В таблице приведены данные по структуре существующего и потенциального экспорта сгущенного молока, а также ориентировочные характеристики логистических путей, которые могут повлиять на изменение свойств продукта во время транспортирования. Каждый путь описан в соответствии с данными Global Logistic, SeaRates, Российского экспортного центра и World-Weather [15–18].

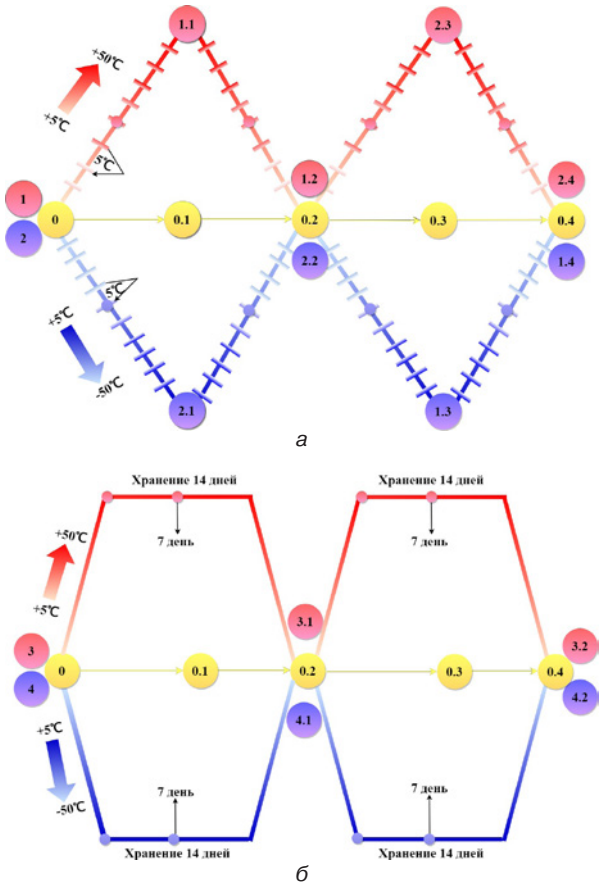
Логистический путь	Количество дней	Средняя температура, °С	
		летом	зимой
Казахстан	8	27–34	Минус 22 – 3
Узбекистан	17	22–38	Минус 7 – 14
Азербайджан	13	18–35	Минус 2 – 14
Грузия	12	17–33	Минус 1 – 17
Таджикистан	22	20–36	Минус 7 – 13
Саудовская Аравия	25	29–43	11–28
ОАЭ	25	32–44	16–29
Монголия	<14	11–29	Минус 29 – минус 6
Ливия	13	23–43	7–25
КНР	16	20–34	Минус 4 – 14
Израиль	21	27–38	11–25
Вьетнам	25	24–35	18–25

МОДЕЛЬ ХРАНЕНИЯ

В соответствии со структурой экспорта и с учетом характеристик логистических путей сформирована двухвариантная модель хранения, которая предусматривает положительные и отрицательные диапазоны температур (см. рисунок). Отрицательные температуры были включены в модель на основании Указа Президента РФ «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» (от 05.03.2020 г. № 164), в котором отражены новые интересы государства, направленные на активное развитие Арктики в качестве стратегической ресурсной базы и ее рациональное использование в целях ускорения экономического роста РФ.

Для оценки влияния экспозиции в процессе охлаждения (замораживания) и нагрева продукта модель спроектирована в двух вариантах: пути 1 и 2 (рис. *а*); пути 3 и 4 (рис. *б*). В первом варианте тепловые процессы протекают ступенчато. Цикл первого пути первого варианта включает последовательную тепловую нагрузку: ступенчатый нагрев от 5 до 50 °С с шагом 5 °С; ступенчатое охлаждение-замораживание от 50 до минус 50 °С с шагом 5 °С и нагрев от минус 50 до 5 °С с шагом 5 °С. Цикл второго пути первого варианта соответствует первоначальной последовательности, но предусматривает начало пути со ступенчатого охлаждения от 5 до минус 50 °С. Температура 5 °С принята как температура складского помещения, поэтому для циклов обоих вариантов она зафиксирована как начальная и конечная. Путь 0, представленный в обоих вариантах, является контрольным и подразумевает хранение продукта при 5 °С для определения изменений при традиционном способе хранения в сравнении с циклическим экспериментом.

Второй вариант (пути 3 и 4) предусматривает хранение в критических температурных точках (50 и минус 50 °С)



Модель хранения сгущенного молока с сахаром при критических температурах со ступенчатым изменением тепловой нагрузки (а) и без него (б)

на протяжении двух недель для определения предельных значений качественных показателей продукта. Цикл третьего пути заключается в следующей последовательности тепловых нагрузок: нагрев от 5 до 50 °С; хранение 14 дней при 50 °С; охлаждение с 50 до минус 50 °С; хранение 14 дней при минус 50 °С и нагрев до 5 °С. Аналогичной последовательности соответствует путь 4, только начинается он в зоне отрицательных температур.

В качестве контрольных для первого варианта модели целесообразно определение точек 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 в пути 0; 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 в пути 1; 2, 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4 в пути 2; второго варианта — 3, 3.1, 3.2 в пути 3 и 4, 4.1, 4.2 в пути 4. В этих точках начинаются или заканчиваются периоды конкретного теплового воздействия. Дополнительные точки (•), не помеченные цифрами, окрашенные в соответствии с видом теплового воздействия (нагрев — красные, охлаждение — синие), предусмотрены для снятия образцов продукта с хранения и исследования основных показателей с целью построения математической зависимости.

В ходе исследования будут получены данные:

- о состоянии упаковки в циклическом эксперименте (герметичности);
- физико-химических изменениях (титруемой и активной кислотности, вязкости, кристаллизации, активности воды, кинетической и агрегативной устойчивости, температуры замерзания, индекса окрашенных соединений, белковой составляющей (белкового, небелкового азота, содержания свободных аминокислот, качественного и количественного содержания белковых фракций), жировой составляющей (перекисного и кислотного числа, жирнокислотного состава));
- микробиологических изменениях (КМАФАнМ, содержание БГКП, протеолитических, липолитических, психротрофных микроорганизмов, дрожжей и плесеней).

Данные позволят оценить изменения качества продукта и спроектировать математическую программу для прогнозирования этих трасформаций в непостоянных температурных условиях окружающей среды.

Результаты эксперимента с использованием представленной двухвариантной модели станут научно обоснованным фундаментом для разработки алгоритмов прогнозирования хранимоспособности сгущенного молока с сахаром в процессе транспортирования при различных температурах, а также определения путей нивелирования или устранения пороков различного происхождения. Это, в свою очередь, будет являться практическим потенциалом повышения качества и пролонгирования сроков годности продукции для производителей сгущенного молока с сахаром. МП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Ряжских, В. И.*** *Прогнозирование качества хранения консервированного молокосодержащего продукта/В. И. Ряжских, Н. А. Грачева, Т. Н. Сухарева// Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 1–1. С. 226–230.*

2. ***Patel, A. A.*** *Shelf-life modeling of sweetened condensed milk based on kinetics of Maillard browning/A. A. Patel [et al.]// Journal of food processing and preservation. 1996. V. 20. № 6. P. 431–451. DOI:10.1111/J. 1745–4549.1996. TB00758. X*

3. ***Petrov, A. N.*** *Indicators of quality of canned milk: Russian and international priorities// A. N. Petrov [et al.]// Foods and raw materials. 2017. V. 5. № 2. P. 151–161. DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-151-161*

4. ***Туровская, С. Н.*** *Основные пороки сгущенного молока с сахаром в процессе хранения/С. Н. Туровская, А. Г. Кручинин, Е. Е. Илларионова// Пищевая промышленность. 2023. № 2. С. 66–70. DOI: 10.52653/PPI. 2023.2.2.015*

5. ***Андрей Белоусов провел заседание штаба по транспортно-логистическим центрам*** *[Электронный ресурс]. URL: https://dairynews. today/news/andrey-belousov-provel-zasedanie-shtaba-po-transpo. html*

6. ***Тюгай, О. А.*** *Оценка воздействия климатических факторов на состояние внешней поверхности консервной тары/О. А. Тюгай [и др.]// Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2019. № 11. С. 177–188.*

7. ***Ryabova, A. E.*** *Phase transitions of sweetened condensed milk in extended storage temperature ranges/A. E. Ryabova, V. A. Tolmachev, A. G. Galstyan// Food Processing: Techniques and Technology. 2022. V. 52. № 3. P. 526–535. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-3-2379.*

8. ***Петров, А. Н.*** *Методология формирования органолептических свойств консервов на молочной основе/А. Н. Петров, И. А. Радаева, Е. В. Шепелева. — Кемерово, 2013. — 232 с.*

9. ***В 2022 году ожидается рекорд экспорта в стоимостном выражении по всем молочным продуктам*** *[Электронный ресурс]. URL: https://dairynews. today/news/artem-belov-v-2022-godu-ozhidaetsya-rekord-ekspor.html?sphrase_id=17023452 (дата обращения: 26.12.2022).*

10. ***Артем Белов: Вьетнам остается одной из самых перспективных стран для экспорта молочной продукции.*** *[Электронный ресурс]. URL: https://dairynews. today/news/artem-belov-vetnam-ostaetsya-odnoy-iz-samykh-persp. html (дата обращения: 26.12.2022).*

11. ***В 2021 году Россия удвоила агроэкспорт в Алжир*** *[Электронный ресурс]. URL: https://dairynews. today/news/v-2021-godu-rossiya-udvoila-agroeksport-v-alzhir. html?sphrase_id=17023452 (дата обращения: 26.12.2022).*

12. ***В 2019 году на Кубани зарегистрировано десять новых сельхозкооперативов*** *[Электронный ресурс]. URL: https://mcx.gov.ru/press-service/regions/v-2019-godu-na-kubani-zaregistrirovano-desyat-novykh-selkhozkooperativov/(дата обращения: 26.12.2022).*

13. ***Красноярский край начал поставлять сгущёнку за рубеж*** *[Электронный ресурс]. URL: https://mcx.gov.ru/press-service/regions/krasnoyarskiy-kray-nachal-postavlyat-sgushchyenku-za-rubezh/(дата обращения: 26.12.2022).*

14. ***Что нужно знать тем, кто хочет начать экспорт молочных продуктов в Саудовскую Аравию*** *[Электронный ресурс]. URL: https://milknews.ru/longridy/export-saudovskaya-aravia. html (дата обращения: 26.12.2022).*

15. ***Компания Глобал Логистик предлагает произвести расчет расстояния ж/д перевозок*** *[Электронный ресурс]. URL: https://glogist.ru/site/calculateDist (дата обращения: 26.12.2022).*

16. ***Find the best freight quote*** *[Электронный ресурс]. URL: https://www.searates.com/ru/(дата обращения: 26.12.2022).*

17. ***Экспортные железнодорожные маршруты*** *[Электронный ресурс]. URL: https://www.exportcenter.ru/international_markets/new-export-rail-china/(дата обращения: 26.12.2022).*

18. ***Архив погоды в мире*** *[Электронный ресурс]. URL: https://world-weather.ru/archive/(дата обращения: 24.01.2023).*