

ВЛИЯНИЕ КРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗАКАТОЧНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАНОК СО СГУЩЕННЫМ МОЛОКОМ С САХАРОМ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Александр Геннадьевич Кручинин, канд. техн. наук, заведующий лабораторией
Екатерина Ивановна Большакова, младший научный сотрудник лаборатории
Елена Евгеньевна Илларионова, научный сотрудник лаборатории
Светлана Николаевна Туровская, старший научный сотрудник лаборатории
E-mail: s_turovskaya@vniimi.org
Ирина Александровна Барковская, младший научный сотрудник лаборатории
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва

Сгущенное молоко с сахаром является одним из основных видов молочных консервов, обладает высокой пищевой ценностью и имеет длительный срок годности. Оно востребовано у населения, в различных отраслях пищевой промышленности, входит в состав номенклатуры для госрезервирования и обеспечения российских войск, в т. ч. дислоцированных в Арктической зоне, экспортируется в страны с жарким климатом. Положительные и отрицательные температуры окружающей среды, не предусмотренные действующей документацией на продукт, влияют не только на его качество, но и на сохранность упаковки (металлических банок). В этой связи актуальным является изучение воздействия критических условий хранения на целостность закаточных швов банок. В статье представлены результаты исследований перекрытия и толщины поперечных швов после хранения образцов в условиях одноступенчатого и многоступенчатого изменения температуры в диапазоне от минус 50 до плюс 50 °С. Наибольшие расхождения швов установлены в образцах одноступенчатого температурного маршрута (повышение температуры хранения от 5 до 50 °С, хранение 14 суток, охлаждение до минус 50 °С, хранение 14 суток, нагревание до 5 °С). Перекрытия швов у крышек образцов после 14 дней хранения уменьшились на 1,45 %, после 28 дней на 1,67 %, а у донышек – на 1,84 и 2,26 % соответственно. Более выраженное отрицательное воздействие на качество швов выявлено при одноступенчатом замораживании, чем при более длительном многоступенчатом. Однако значения перекрытий во всех опытных образцах соответствовали нормативу и составляли для крышек не менее 57,76 %, для донышек – не менее 59,75 %. Все средние значения толщины поперечных швов крышек и донышек также не превышали нормы 1,43 мм. На основе полученных результатов оценки геометрии закаточных швов металлических банок, являющихся частью комплексных исследований качества продукта, будут разработаны рекомендации по его транспортированию и хранению в страны с холодным или жарким климатом без потери хранимоспособности.

Ключевые слова: металлические банки, закаточные швы, качество швов, сгущенное молоко с сахаром, молочные консервы

Для цитирования: Влияние критических условий хранения на качество закаточных швов металлических банок со сгущенным молоком с сахаром / А. Г. Кручинин, Е. И. Большакова, Е. Е. Илларионова, С. Н. Туровская, И. А. Барковская // Молочная промышленность. 2024. № 3. С. 78–86. <https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-3-3>

ВВЕДЕНИЕ

Сгущенное молоко с сахаром (СМС), наряду с сухим молоком, является одним из основных видов молочных консервов и играет немаловажное значение в обеспечении качественным и полноценным питанием населения, особенно проживающего в климатических условиях, где развитие молочного скотоводства вызывает трудности или экономически нецелесообразно [1–3]. Кроме этого, цельное СМС, упакованное в металлические банки для консервов, благодаря их стабильным защитным свойствам, проверенным десятилетиями, входит в перечень продукции, предназначен-

ной для госрезервирования¹ [4], и является одной из статей российского экспорта (Казахстан, Узбекистан, Саудовская Аравия, ОАЭ и др.) [5].

В настоящее время логистика пищевой продукции значительно изменилась, транспортные пути доставки грузов вынужденно стали пересекать несколько климатических поясов, имеющих существенный температурный диапазон, подтверждением чего являются систематизированные аналитические данные о структуре экспортных поставок СМС [5]. Температурные колебания, достигающие 50 °С и более, и их продолжительность в опре-

¹Петров, А. Н. Аспекты применения жестяной банки в производстве консервов на молочной основе / А. Н. Петров, В. А. Шавырин // Переработка молока. 2012. № 9. С. 48–51.

деленные сезоны года могут негативным образом влиять не только на изменение свойств СМС, но и состояние потребительской упаковки, значимость которой в сохранении качества продукции, особенно подлежащей длительному хранению, очевидна и не вызывает сомнений [6]. При этом следует отметить отсутствие требований в РФ к лимиту сроков доставки грузов по железной дороге или использованию специализированного транспорта. Особые условия и средства транспортирования могут быть предусмотрены в договоре между отправителем и получателем грузов. Однако такие требования не всегда технически и финансово осуществимы, либо закономерно приводят к удорожанию готовой продукции [5].

Кроме того, инициированное Президентом РФ приоритетное развитие Арктической зоны для улучшения качества жизни населяющих ее народов и повышения обороноспособности страны (с учетом кардинально поменявшейся за последние годы геополитической обстановки)^{2,3}, начиная с 2020 года, стимулировало ученых ВНИМИ на проведение комплексных научно-исследовательских работ, направленных на изучение закономерностей изменений качественных характеристик и технологических свойств СМС и его модельных аналогов, подвергшихся воздействию низких (минус 25–95 °С) или высоких (20–50 °С) температур [7–9]. Следствием этого стала разработка изменений в действующую технологическую инструкцию в части корректировки условий и сроков транспортирования и хранения цельного СМС⁴. Температурные границы нормируемого диапазона (не ниже 10 °С или не выше 20 °С) были расширены до не ниже минус 30 °С или не выше 25 °С.

Анализ ранее опубликованных специализированных литературных источников выявил незначительное количество научных работ, посвященных изучению температурного воздействия на СМС, как пищевой системы (в целом или по составным частям) в процессе хранения при температурах не выше 45 °С [10, 11] или не ниже минус 30 °С [12, 13]. Данных по влиянию повышенных или пониженных температур, например в диапазоне от минус 50 до плюс 50 °С, на металлические банки со СМС (изменение геометрии упаковки,



Источник изображения: Freepik.com

ее герметичности, состояние покрытия внутренней поверхности, качество поперечных или продольных швов и пр.) не обнаружено. В этой связи получение новых знаний о воздействии критических условий транспортирования и хранения, т. е. факторов, существенно выходящих за диапазоны значений показателей (температуры, продолжительности, влажности воздуха и т. д.), установленных гарантийными обязательствами производителя пищевой продукции, на трансформацию биомолекулярного и биотехнологического состояния СМС, а также на качество его упаковки является актуальным.

Цель исследований – оценка влияния критических температурных воздействий на качество поперечных закаточных швов металлических банок с цельным СМС.

²Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года / Указ Президента РФ № 164 от 05.03.2020 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (дата обращения 26.01.2024).

³Путин: освоение Арктики – неоспоримый приоритет для России [Электронный ресурс]. URL: <https://smotrim.ru/article/3700374> (дата обращения 26.01.2024)

⁴Рябова, А. Е. Актуализация сроков годности и условий хранения молочных консервов: изменения в действующие инструкции / А. Е. Рябова, А. Н. Петров, Н. С. Пряничникова // Переработка молока. 2023. № 8. С. 37. <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2023-8-37>; <https://elibrary.ru/zszhoy>



Источник изображения: Freepik.com

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований являлись металлические банки для консервов № 7 (рис. 1), наполненные промышленно выработанным цельным сгущенным молоком с сахаром (СМС), отвечающим требованиям ГОСТ 31688 «Консервы молочные. Молоко и сливки сгущенные с сахаром. Технические условия». Банки изготовлены из белой жести (номер 22) марки ЭЖК в соответствии с ГОСТ 5981 «Банки и крышки к ним металлические для консервов. Технические условия», цилиндрической формы, сборные, со сварным продольным швом, без ребер жесткости (зигов) на корпусах, массой нетто 380 г. Внутренняя поверхность банок покрыта лаком.

Банки с цельным СМС разделили на пять групп и заложили на хранение при различных температурных условиях (маршрутах) в соответствии со следующей схемой эксперимента (рис. 2):

- маршрут К (контрольный): хранение контрольных образцов при 5 °С в течение 14 суток (образцы К1), дальнейшее хранение контрольных образцов при 5 °С еще в течение 14 суток (образцы К2);
- маршрут А: повышение температуры хранения от 5 до 50 °С в течение 1 суток, хранение 14 суток, охлаждение до 5 °С в течение 1 суток (образцы А1), дальнейшее понижение температуры от 5 до минус 50 °С в течение 1 суток, хранение 14 суток, нагревание до 5 °С в течение 1 суток (образцы А2);
- маршрут Б: понижение температуры хранения от 5 до минус 50 °С в течение 1 суток, хранение 14 суток, нагревание до 5 °С в течение 1 суток (образцы Б1), дальнейшее повышение температуры от 5 до 50 °С в течение 1 суток, хранение 14 суток, охлаждение до 5 °С в течение 1 суток (образцы Б2);
- маршрут В: ступенчатое повышение температуры хранения от 5 до 50 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 9 суток, дальнейшее ступенчатое понижение температуры до 5 °С с шагом 5 °С/сутки

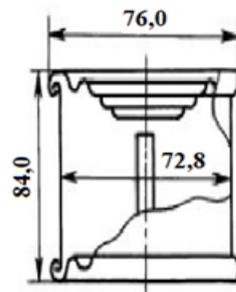


Рисунок 1. Принципиальная конструкция и номинальные размеры (мм) металлических банок для консервов № 7

длительностью 9 суток (образцы В1), дальнейшее ступенчатое понижение температуры до минус 5 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 11 суток, дальнейшее ступенчатое нагревание до 5 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 11 суток (образцы В2);

– маршрут Г: ступенчатое понижение температуры хранения от 5 до минус 50 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 11 суток, дальнейшее ступенчатое повышение температуры до 5 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 11 суток (образцы Г1), дальнейшее ступенчатое повышение температуры до 50 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 9 суток, дальнейшее ступенчатое охлаждение до 5 °С с шагом 5 °С/сутки длительностью 9 суток (образцы Г2).

При этом образцы в начальных точках маршрутов А, Б, В и Г являются аналогичными контрольному. Точки съема образцов для исследований К1, А1, Б1, В1, Г1 и К2, А2, Б2, В2, Г2 максимально синхронизированы по продолжительности хранения.

Перед закладкой на хранение проверяли внешний вид банок и закаточных швов (образцы К) на соответствие требованиям ГОСТ 5981 «Банки и крышки к ним металлические для консервов. Технические условия» и ГОСТ 29245 «Консервы молочные. Методы определения физических и органолептических показателей».

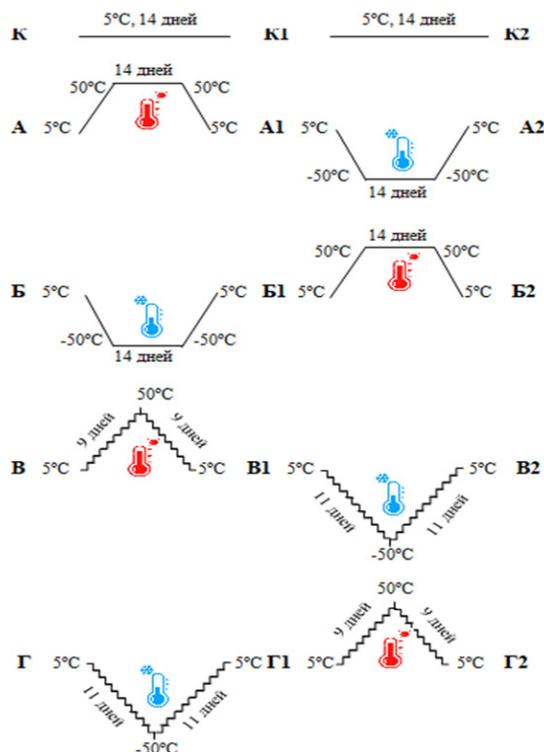


Рисунок 2. Принципиальная схема эксперимента

Источник изображения: Freepik.com



В каждой точке съема для исследований использовали по пять банок, отобранных случайным образом.

Оценку качества поперечных закаточных швов, соединяющих крышки и донышки с корпусами металлических банок, проводили методом разрушающего контроля по расчету значения перекрытия и толщины швов в соответствии с приложением Б ГОСТ 5981, предварительно освободив банки от цельного СМС, промыв и высушив их при температуре $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$. Швы прорезали в пяти местах, расположенных через 72° по окружности банки, путем иссечения фрагментов шириной не менее 4 мм с помощью устройства для подготовки проб – гравера (Dremel, Мексика), закреплен-

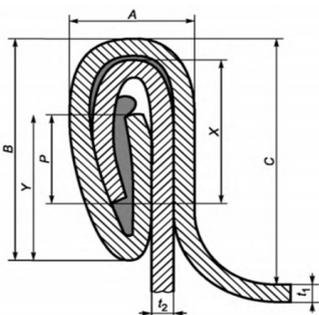


Рисунок 3. Профиль закаточного шва (A – толщина шва, мм; B – высота шва, мм; C – глубина посадки донышка или крышки, мм; P – перекрытие шва, % (определяют по формуле 1); x – длина крючка корпуса, мм; y – длина крючка донышка или крышки, мм; t_1 – толщина донышка или крышки, мм; t_2 – толщина корпуса, мм)

ного на стационарной платформе с возможностью изменения положения режущей поверхности. Измерения геометрических параметров швов проводили с использованием световой микроскопии – микроскопа «МИКМЕД-6» с камерой МС-8.3 с ПО (ЛОМО, Россия) при увеличении $\times 50$ в пятикратной повторности. На рисунке 3 представлено сечение закаточного шва, имеющего пятислойную конфигурацию, образованную совместным деформированием крышки или донышка и фланца корпуса банки, с указанием и расшифровкой измеряемых параметров по ГОСТ 5981. Серым цветом на рисунке изображена зона, заполненная уплотнительной пастой. Проведение исследований поперечного шва с использованием указанного инструментария не представилось возможным ввиду его покрытия с внутренней стороны шовным материалом.

Перекрытие закаточного шва (P, %) и его максимальной толщины ($A_{\text{макс}}$, мм) вычисляли по формулам 1 и 2 в соответствии с ГОСТ 5981:

$$P = \frac{x + y + t_1 - B}{B - (2t_1 + t_2)} \times 100 \quad (1)$$

$$A_{\text{макс}} = (3t_1 + 2t_2) \times 1,30 \quad (2)$$

где x – длина крючка корпуса, мм; y – длина крючка донышка или крышки, мм; t_1 – толщина донышка или крышки, мм; t_2 – толщина корпуса, мм; B – высота шва, мм.

Источник изображения: Freepik.com



а у донышек – на 1,84 и 2,26 % соответственно. Также на более чем один процент уменьшились перекрытия швов у донышек образцов В2 и Г2 (1,15 и 1,24 % соответственно). При этом, максимальное расхождение крючков зафиксировано у донышек образцов Б2. Следует отметить более выраженное отрицательное воздействие на качество швов при быстром замораживании (образцы Б1), чем при длительном и многоступенчатом (образцы Г1), уменьшение средних значений которых составили для крышек на 1,45 и 0,83 % соответственно и для донышек на 1,84 и 0,95 % соответственно. Вместе с этим необходимо отметить, что даже максимальное уменьшение среднего значения перекрытий швов (на 2,26 %) не привело к нарушению герметичности.

В таблице 2 представлены усредненные значения толщины швов (А, мм). Применительно к номеру 22 белой жести, одному из рекомендуемых при изготовлении корпусов, крышек и донышек металлических банок для применения в молочной промышленности, величина $A_{\text{макс}}$, вычисленная по формуле 2, должна составлять не более 1,43 мм.

Анализируя данные, представленные в таблице 2, можно констатировать, что толщина закаточных швов донышек всех образцов (1,34–1,38 мм) была больше толщины швов крышек (1,27–1,30 мм). Это связано с технологической последовательностью осуществления этапов упаковывания металлических банок. Сначала осуществляют соединение корпусов и донышек на одном упаковочном оборудовании, затем

банки заполняют цельным СМС, закрывают крышками и закатывают уже на другом упаковочном оборудовании. Все средние значения толщины поперечных швов крышек и донышек не превышали нормы. Их величины существенно не отличались и расхождения между ними были статистически незначимыми.

Проведенные исследования свидетельствуют об отсутствии явного воздействия критических температур (минус 50 и 50 °С) на значения перекрытия и толщину закаточных швов. Объясняется это, видимо, причиной, имеющей единую суть физического происхождения для областей отрицательных и положительных температур, а именно – изменением объема составных частей молока. Как известно, при замерзании воды образующийся лед обладает отрицательным коэффициентом теплового объемного расширения, его плотность (917 кг/м³) становится меньше плотности воды (так называемая «температурная аномалия плотности») примерно в 1,1 раза, т. е. объем льда становится больше объема воды. При дальнейшем же понижении температуры плотность льда постепенно увеличивается, например, до 923 кг/м³ при температуре минус 50 °С, и объем становится меньше. В исследуемом нами цельном СМС массовая доля влаги не превышала нормируемой величины 26,5 %. По данным [8] при замораживании СМС в кристаллическое состояние переходит около 6,1 % свободной влаги. Математические расчеты показывают, что при минимально оставленном между крышкой и продуктом расстоянии 1–2 мм, это свободное пространство при замораживании будет заполнено продуктом ори-

Таблица 2
Значения толщины закаточных швов, образованных крышками и донышками с корпусами банок

Образцы	Перекрытие шва (Р), %											
	Номер банки										Средние значения	
	1		2		3		4		5			
Кр	Д	Кр	Д	Кр	Д	Кр	Д	Кр	Д	Кр	Д	
К (А,Б,В,Г)	1,30	1,37	1,27	1,36	1,30	1,31	1,27	1,33	1,32	1,38	1,29	1,34
К1	1,29	1,33	1,31	1,39	1,23	1,34	1,26	1,36	1,26	1,38	1,27	1,36
К2	1,31	1,35	1,30	1,34	1,28	1,36	1,29	1,37	1,32	1,33	1,30	1,35
А1	1,33	1,36	1,26	1,40	1,28	1,35	1,31	1,36	1,27	1,38	1,29	1,37
А2	1,26	1,37	1,28	1,39	1,31	1,40	1,27	1,41	1,28	1,33	1,28	1,38
Б1	1,28	1,40	1,32	1,36	1,30	1,43	1,27	1,36	1,33	1,35	1,30	1,38
Б2	1,26	1,41	1,31	1,36	1,28	1,39	1,27	1,35	1,23	1,34	1,27	1,37
В1	1,32	1,35	1,31	1,40	1,28	1,32	1,28	1,38	1,31	1,35	1,30	1,36
В2	1,28	1,34	1,28	1,37	1,32	1,38	1,30	1,34	1,27	1,34	1,29	1,35
Г1	1,32	1,37	1,33	1,41	1,29	1,37	1,28	1,35	1,28	1,40	1,30	1,38
Г2	1,31	1,39	1,32	1,38	1,24	1,34	1,26	1,33	1,27	1,36	1,28	1,36

Примечание: Кр – крышки, Д – донышки

ентировочно чуть больше, чем наполовину. При более высоком содержании массовой доли свободной влаги может произойти существенное изменение геометрии швов. Так, авторами [14, 15] показано, что воздействие отрицательных температур (минус 12 °С) в течение 7 и 30 суток на мясные консервы с общим содержанием влаги до 75 %, упакованные в металлические сборные и цельные банки № 8 (с внутренним диаметром 99 мм) массой нетто 325 г, привело к уменьшению значений перекрытия швов в 75 % опытных банок ниже нормируемого, однако их разгерметизация не выявлена. При этом авторами рекомендовано для поставок в районы Крайнего Севера использовать сборные банки, поскольку установлено, что цельнотянутые менее устойчивы к процессу увеличения объема продукта вследствие технологических особенностей их изготовления.

Воздействие нагревания на герметичность банок не только до 50 °С, но и значительно выше, всесторонне изучено такими ведущими специалистами в области консервирования, как И. А. Радаева, Л. В. Чекулаева и др. [10, 16, 17], применительно к производству сгущенного стерилизованного молока, в котором массовая доля влаги составляет около 75 %. В результате многолетних исследований и практических апробаций подобраны и внедрены в практику оптимальные режимы его производства, в т. ч. стерилизации (116–118 °С в течение 14–17 мин) и скорости охлаждения до 20–40 °С (не менее 0,02–0,03 °С/с или 72–108 °С/ч), сохраняющие качество не только молока, но и закаточных швов банок. Другими доказательствами надежности швов при первоначальном соблюдении правильности режимов закатки банок служит возможность промышленного производства вареного СМС путем выдержки банок со СМС в автоклавах-стерилизаторах при давлении пара 0,11–0,12 МПа или знакомым нам с детства способом варки банок со СМС в кипящей водяной бане около 3 ч. В нашем эксперименте перекрытие и толщина закаточных швов тоже исследованы почти в таком же температурном диапазоне 100 °С, но со смещением в область отрицательных значений (марш-

руты А и В – от 50 °С до минус 50 °С или маршруты Б и Г – от минус 50 °С до 50 °С) и со значительно меньшим снижением или нарастанием скоростей нагревания или охлаждения (маршруты А и Б – 2,1 °С/ч, маршруты В и Г – 0,21 °С/ч). Представленные в таблицах 1 и 2 данные свидетельствуют о том, что указанные перепады температур не приводят к разгерметизации поперечных швов, дополнительным подтверждением чего являются результаты микробиологических исследований не только в точках А2, Б2, В2 и Г2, но и в процессе дальнейшего хранения образцов более года при температуре 5 °С. Уровни содержания микроорганизмов в цельном СМС не выходили за пределы допустимых норм: КМАФАнМ не превышало 2×10^4 КОЕ/г, БГКП и патогенные микроорганизмы отсутствовали в 1 и 25 г продукта соответственно.

В качестве иллюстративного материала на рисунке 4 представлены фотографии профилей закаточных швов, соединяющих крышки с корпусами металлических банок, для образцов на последнем этапе исследований.

На представленных макроснимках четко видно плотное смыкание крышек с корпусами, все пустоты заполнены уплотнительной пастой (голубой цвет), без наличия дефектов.

Выводы

Оценка влияния критических для транспортирования и хранения цельного сгущенного молока с сахаром (СМС) температур минус 50 °С и 50 °С, а также воздействия диапазона 100 °С на качество поперечных закаточных швов металлических банок не выявила существенных изменений в геометрии швов. Наибольшие расхождения между крючками крышек/доньшек и корпусами установлены в образцах температурного маршрута Б. Перекрытия швов для крышек у образцов Б1 уменьшились на 1,45 %, у образцов Б2 на 1,67 %, а у доньшек – на 1,84 и 2,26 % соответственно. Более выраженное отрицательное воздействие на качество швов определено



Рисунок 4. Визуализация профилей закаточных швов крышек

при быстром замораживании (образцы Б1), чем при длительном и многоступенчатом (образцы Г1), уменьшение средних значений которых составили для крышек на 1,45 и 0,83 % соответственно и для донышек на 1,84 и 0,95 % соответственно. Однако величины перекрытия во всех опытных образцах соответствовали нормативу. Все средние значения толщины поперечных швов крышек и донышек так же не превышали нормы. Их величины в образцах существенно не отличались и расхождения между ними были статистически незначимыми.

Полученные результаты позволили продолжить комплексные исследования цельного СМС с целью установления закономерностей влияния критических для него отрицательных и положительных температур на термодинамическую стабильность, биомолекулярные и биотехнологические свойства концентрированной молочной системы, что позволит в дальнейшем разработать рекомендации по его транспортированию и хранению в страны с холодным или жарким климатом без потери качества. ■

SWEET CONDENSED MILK: EFFECT OF CRITICAL STORAGE CONDITIONS ON METAL CAN SEAMS

Alexandr G. Kruchinin, Ekaterina I. Bolshakova, Elena E. Illarionova, Svetlana N. Turovskaya, Irina A. Barkovskaya
All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

ORIGINAL ARTICLE

Sweet condensed milk is a popular canned milk product with a high nutritional value and a long shelf-life. It boasts high domestic demand because it is used in various sectors of the food industry. In addition, canned milk is part of state reserve and military supply. Due to its unique properties, it is indispensable in the Russian Arctic and is exported to countries with hot climate. However, extreme temperatures affect both the quality of the product and the safety of metal cans. This research featured the impact of extreme storage conditions on the integrity of seams. Seams were tested for overlaps and thickness after storage at single-stage and multi-stage temperature modes in the range of $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. The biggest gaps were found in the samples after a single-stage temperature route of $5\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 14 days $\rightarrow -50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 14 days $\rightarrow 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. The seam overlaps at the lids decreased by 1.45 % after 14 days of storage and by 1.67 % after 28 days; for the bottom seams, the measurements were 1.84 and 2.26 %, respectively. The single-stage freezing had a greater negative effect on the seam quality than the longer multi-stage freezing. However, the overlap values in all experimental samples corresponded to the standard and exceeded 57.76 % for lids and $\geq 59.75\%$ for bottoms. All mean thickness values of lids and bottoms maintained the standard 1.43 mm. The obtained seam geometry of metal cans with sweet condensed milk will make it possible to develop transportation and storage recommendations in countries with extreme climates.

Keywords: metal can, seam, seam quality, sweet condensed milk, dairy preserves

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галстян, А. Г. Теория и практика молочно-консервного производства / А. Г. Галстян, А. Н. Петров, И. А. Радаева [и др.]. – М.: Издательский дом «Федотов Д. А.», 2016. – 181 с.
2. Ryabova, A. E. Effects of storage conditions on milk powder properties / A. E. Ryabova, V. K. Semipyatnyi, A. G. Galstyan // Journal of Dairy Science. 2023. Vol. 106(10). P. 6741–6758. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23094>
3. Кручинин, А. Г. Роль технологических свойств сухого молока в формировании качества пищевых систем / А. Г. Кручинин, Е. Е. Илларионова, А. В. Бигаева, С. Н. Туровская // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 166–173. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-166-173>; <https://elibrary.ru/ogxczg>
4. Усов, Д. Ю. Основные требования, предъявляемые к хранению продовольствия в особых климатических условиях / Д. Ю. Усов, Е. А. Овчинников // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. Генерала армии А. В. Хрулева. 2016. № 3. С. 62–67. <https://elibrary.ru/yudulj>
5. Большакова, Е. И. Модель хранения сгущенного молока с сахаром в критических температурных условиях / Е. И. Большакова // Молочная промышленность. 2023. № 4. С. 42–44. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2023-04-42-44>; <https://elibrary.ru/giherb>
6. Федотова, О. Б. Роль упаковки в хранении молочной продукции увеличенных сроков годности / О. Б. Федотова // Молочная промышленность. 2021. № 9. С. 6–8. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-09-6-8>; <https://elibrary.ru/sjfdjl>
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. Vol. 52(3). P. 526–535. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2379>
8. Рябова, А. Е. Исследование теплофизических свойств сгущенного молока с сахаром / А. Е. Рябова // Пищевая промышленность. 2023. № 2. С. 52–55. <https://doi.org/10.52653/PPi.2023.2.2.012>; <https://elibrary.ru/utvfbm>
9. Толмачев, В. А. Концентрированные молочные модельные системы: изменение качества в процессе низкотемпературного хранения / В. А. Толмачев, А. Е. Рябова // Молочная промышленность. 2023. № 5. С. 94–96. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-18>; <https://elibrary.ru/thujge>
10. Голубева, Л. В. Хранимоспособность молочных консервов / Л. В. Голубева, Л. В. Чекулаева, К. К. Полянский. – Воронеж, 1999. – 136 с.
11. Гурьева, К. Б. Изучение влияния температурных параметров на качество молочных консервов «Молоко цельное сгущенное с сахаром» / К. Б. Гурьева, Е. В. Иванова, О. А. Тюгай // Товаровед продовольственных товаров. 2019. № 7. С. 55–61. <https://elibrary.ru/pguqir>
12. Павлова, Ю. В. Длительное хранение сгущенного молока с сахаром при отрицательных температурах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. / Ю. В. Павлова – М., 1991. – 21 с.
13. Уланин, С. Е. Длительное хранение продовольственных товаров в условиях вечной мерзлоты / С. Е. Уланин, С. Л. Белецкий // Пищевая промышленность. 2018. № 4. С. 47–51. <https://elibrary.ru/ywidzn>
14. Манджиева, Н. Н. Изменение геометрии закаточного шва металлических банок в зависимости от продолжительности хранения консервов при отрицательных температурах / Н. Н. Манджиева // Все о мясе. 2017. № 3. С. 18–20. <https://elibrary.ru/yupzap>
15. Крылова, В. Б. Необходимость оценки хранимоспособности мясных кусковых консервов при стабильно отрицательных температурах / В. Б. Крылова, Т. В. Густова // Все о мясе. 2018. № 5. С. 22–27. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2018-5-22-27>; <https://elibrary.ru/sileuj>
16. Радаева, И. А. Технология молочных консервов и заменителей цельного молока / И. А. Радаева, В. С. Гаордезиани, С. П. Шулькина. – М.: Агрпромииздат, 1986. – 351 с.
17. Чекулаева, Л. В. Сгущенные молочные консервы / Л. В. Чекулаева, Н. М. Чекулаев – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 264 с.