ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Анализ причин возникновения дефектов шоколадных конфет при хранении и разработка технологических приемов по их устранению

Ш. А. Шамилов, Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова

Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Шамиль Асхабович Шамилов
E-mail: shamilov.shamil1999@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Шамилов, Ш. А., Заворохина, Н. В., & Чугунова, О. В. (2024). Анализ причин возникновения дефектов шоколадных конфет при хранении и разработка технологических приемов по их устранению. *Хранение и переработка сельхозсырья*, *32*(4), 55-69. https://doi.org/10.36107/spfp.2024.4.577

ПОСТУПИЛА: 10.04.2024
ДОРАБОТАНА: 08.12.2024
ПРИНЯТА: 16.12.2024
ОПУБЛИКОВАНА: 27.12.2024

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

CC BY NC

АННОТАЦИЯ

Введение: Наблюдается ухудшение качества продукции из шоколада, связанное с использованием некачественного сырья, фальсификация продукции. Несмотря на многочисленные исследования причин возникновения дефектов шоколадных конфет при хранении, данных о технологических решениях для предотвращения появления дефектов шоколадных конфет в процессе хранения на данный момент недостаточно.

Цель: Исследование причин возникновения дефектов шоколадных конфет при хранении, и разработка технологических приемов по их устранению.

Материалы и методы: Исследование проводили на кафедре технологии питания Уральского государственного экономического университета, г. Екатеринбург, с использованием базы дефектов, накопленного практического опыта предприятия по выпуску авторских шоколадных конфет ООО «БК» г. Тюмень. Объектами исследования являлись конфеты: нарезные с однослойными (ганаш) и многослойными (хрустящий и мармеладный слой) начинками, а также корпусные с карамельной начинкой.

Результаты: Для решения дефекта нарезной конфеты «малина-шоколад» при изучении технологии приготовления мармелада была скорректирована температура варки с 101 °С до 105 °С, для предотвращения растрескивания корпуса в шоколад низкой текучести дополнительно было добавлено какао-масло в количестве 5% от общей массы шоколада. По предотвращению выделения жира у конфеты «кофе-пекан» была предложена новая рецептура хрустящего слоя, с соотношением пралине: шоколада 1:1 и темперирование данной массы для закаливания какао-масла, входящего в состав шоколада. У корпусной конфеты «соленая карамель» в первую очередь была скорректирована технология приготовления карамели с увеличением температуры варки с 115 °С до 170 °С, для устранения засахаривания ганаша добавляли лимонную кислоту в количестве 1% от количества сахаров. Для лучшего соединения донышка с корпусом, был предложен метод закрывания с использованием плотной ацетатной пленки, толщиной 200 мкм.

Выводы: Предложенные технологические решения имеют положительный эффект, позволяющий повысить качество выпускаемых шоколадных изделий при хранении. Они были успешно внедрены на производствах, специализирующихся на выпуске авторских конфет в городе Тюмень.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

шоколад; шоколадные конфеты; дефект шоколадных конфет; хранение шоколадных конфет; темперирование при хранении; усовершенствование технологии хранения шоколадных конфет

ORIGINAL RESEARCH

Analysis of the Causes of Defects of Chocolate Candies during Storage and Development of Technological Methods for their Elimination

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation

Shamil A. Shamilov, Natalia V. Zavorokhina, Olga V. Chugunova

CORRESPONDENCE:
Shamil A. Shamilov,
E-mail: shamilov.shamil1999@yandex.ru

FOR CITATIONS:
Shamilov, Sh.A., Zavorokhina, N.V., & Chugunova, O.V. (2024). Analysis of the causes of defects of chocolate sweets during storage and development of technological methods for their elimination. *Storage and Processing of Farm Products*, *32*(4), 55-70. https://doi.org/10.36107/spfp.2024.4.577

RECEIVED: 10.04.2024
REVISED: 08.12.2024
ACCEPTED: 16.12.2024
PUBLISHED: 27.12.2024

DECLARATION OF COMPETING INTEREST: none declared.

ABSTRACT

Introduction: A decline in the quality of chocolate products has been observed, attributed to the use of low-quality raw materials and product adulteration. Despite numerous studies on the causes of defects in chocolate candies during storage, there is currently insufficient data on technological solutions to prevent these defects during storage.

Purpose: To investigate the causes of defects in chocolate candies during storage and to develop technological methods for their elimination.

Materials and Methods: The research was conducted at the Department of Food Technology of the Ural State University of Economics in Ekaterinburg, utilizing a defect database and the practical experience of the artisanal chocolate candy production company LLC «BK» based in Tyumen. The study objects included layered candies with single-layer (ganache) and multi-layer (crunchy and marmalade layers) fillings, as well as shell candies with caramel filling.

Results: To address the defect of the layered candy "Raspberry-Chocolate," the marmalade preparation technology was adjusted by increasing the cooking temperature from 101°C to 105°C. To prevent shell cracking, cocoa butter was added to low-flow chocolate in an amount of 5% of the total chocolate mass. For the "Coffee-Pecan" candy, a new recipe for the crunchy layer was developed, with a praline-to-chocolate ratio of 1:1, and tempering of the mixture was proposed to solidify the cocoa butter within the chocolate. For the shell candy "Salted Caramel," the caramel preparation technology was revised by increasing the cooking temperature from 115°C to 170°C. To prevent ganache crystallization, citric acid was added at a concentration of 1% relative to the sugar content. For better adhesion of the base to the shell, a method using dense acetate film (200 μm thick) was suggested

Conclusion: The proposed technological solutions demonstrated a positive effect, improving the quality of chocolate products during storage. They were also implemented at artisanal candy production enterprises in Tyumen.

KEYWORDS
chocolate; chocolate candies; chocolate candy defects; chocolate candy storage; tempering during storage; improving chocolate candy storage technology

ВВЕДЕНИЕ

Кондитерская промышленность играет важную роль в развитии экономического потенциала России и является одной из главных отраслей пищевой промышленности. Задачи данной отрасли состоят не только в выпуске высококачественных изделий широкого ассортимента для удовлетворения вкусовых предпочтений потребителей, но и изготовление продукции, формирующей праздничное настроение потребителя, положительные эмоции, направленные на гедонические и эстетическую составляющую потребительского спроса. Кондитерская отрасль, в том числе производство шоколада и изделий из него, является динамично развивающейся: за 2023 год выпуск кондитерских изделий вырос на 2,3% и составил 4 млн. тонн (Криворотов и соавт., 2006; Алексейчева и соавт., 2024). Наиболее излюбленными кондитерскими изделиями являются шоколадные (конфеты в упаковочных коробках и развесные, плиточный шоколад, батончики и др.) (Тихонова, 2020; Shandrivska et al., 2024). По данным Росстата за последние 15 лет потребление шоколада выросло на 30% и ежегодное употребление на душу населения составляет 6–7 кг (Рыжакова и соавт., 2017; Титов., 2021; Шамилов и соавт., 2023).

Конфеты являющиеся многокомпонентными и сложными изделиями, выделяются среди остальных видов кондитерских изделий многокомпонентностью и возможностью моделирования состава с заданной пищевой, биологической ценностью (Ткешелашвили и соавт., 2020; Malau et al., 2024). В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент конфет, отличающихся по видам начинок (однослойные и многослойные), по виду изготовления (глазированные, неглазированные, в обсыпке), по виду начинок (пралиновые, карамельные, фруктово-ягодные, суфлейные, кремовые и др.). Данные изделия относятся к высококалорийным продуктам за счет большого содержания сахара и жира, что позволяет потребителю быстро утолить голод и компенсировать энергетические затраты. Шоколад и шоколадные изделия являются продуктами премиум-сегмента и имеют высокую стоимость при достаточно небольшом сроке хранения. Поэтому классификация и изучение причин дефектов, возникающих в процессе хранения шоколадных изделий, реализуются исследователями на постоянной основе.

Несмотря на широкий ассортимент, в настоящее время в мире наблюдается ухудшение качества выпускаемых шоколадных изделий. По данным Росконтроля, некоторые производители заменяют часть какао-крупки или какао-тертого порошком какао; используют и какаовеллу — шелуху какао-бобов, кероб и измельченные виноградные косточки, что позволяет снизить издержки производства и положительно влияет на экономические показатели предприятия, но значительно ухудшает качество выпускаемого продукта и отрицательно влияет на здоровье потребителей (Верещагин и соавт., 2019; Fadel et al., 2006).

Одним из видов фальсификации является замена ценного какао-масла в рецептуре шоколадных изделий на дешевые аналоги, например, на растительные жиры (пальмоядровое, пальмовое, подсолнечное, рапсовое и др. масла), используют заменители какао-масла на основе лауриновой кислоты (Ильина, 2016; Бутова и соавт., 2019; Мазукабзова и соавт., 2021; Sonwai et al., 2015). Потребители отмечают ухудшение консистенции представленных на рынке шоколадных изделий, у некоторых видов шоколадных изделий наблюдается снижение скорости таяния, пластилиноподобная консистенция, снижение флейвора шоколада. Помимо замены дорогостоящих ингредиентов, на качество шоколадных изделий, несомненно, влияет соблюдение технологии, условия хранения. Производители шоколадных конфет сталкиваются с технологическими проблемами, такими как: дефекты внешнего вида, вкуса, текстуры, структуры как в процессе производства, так и во время хранения (Заворохина и соавт., 2024) .

Для большинства предприятий по выпуску шоколадных изделий, стратегически важным является снижение количества производственных потерь, связанных с дефектами изделий, которые могут возникать на различных этапах производства. Выпускаемые изделия с дефектами, напрямую влияют на восприятие бренда и удовлетворенность потребителями. Уменьшение количества дефектов, возникающих при хранении шоколадных изделий, способствует сокращению финансовых потерь и увеличению прибыли (Солдатова и соавт., 2019). Учитывая жесткую конкуренцию на рынке шоколада, выпуск качественной продукции является преимуществом для производителя, таким образом комплексный подход по уменьшению количества

дефектов шоколадных изделий является актуальной темой исследования.

Проблеме факторов, влияющих на качество шоколадных и кондитерских изделий в процессе хранения, посвящены работы отечественных и зарубежных ученых. Исследования можно условно разбить на два основных направления — (1) изучение влияния физико-химических процессов, протекающих при производстве и хранении шоколадных изделий на их качество и (2) вопросы появления дефектов и прогнозирования сроков хранения шоколадных изделий.

Первому направлению исследований посвящены работы о влиянии активности воды на хранимоспособность шоколадных изделий Молибога (2011), Першиной и соавт. (2015); Демидовой и Ловачева (1982) о влиянии состава липидной фракции при хранении кондитерских изделий; Криворотова и Минбаевой (2006) о заменителях масла какао лауринового типа при производстве шоколадных изделий; Кондратьева и соавт. (2023) о скорости миграции жиров в шоколадных конфетах с начинками из масс пралине при хранении; Laughter et al. (2024) о влиянии термостойкости шоколада на возникновение дефектов при хранении, получении шоколада длительного хранения при использовании эмульсий вода-масло, De Clercq et al. (2017) о влиянии эквивалентов какао-масла на качество шоколада при хранении Svanberg et al. (2011) изучили влияние процесса предварительной кристаллизации на возникновение дефектов при хранении шоколадных изделий.

Второму направлению исследований — посвящены работы Кондратьева и соавт. (2022) об ускоренных испытаниях шоколадных кондитерских изделий на срок годности; Дмитриченко и соавт. (1987) о коэффициенте скорости окислительных процессов при различных температурах хранения шоколадных изделий для прогнозирования срока хранения; Солдатова и соавт. (2019) о теоретических и практических вопросы обеспечения качества и безопасности кондитерских изделий в процессе хранения. Кондратьевым (2012) были систематизированы причины порчи кондитерских изделий, обобщены и проанализированы дефекты в процессе хранения. В работах Lund (2019) и Machálková et al. (2015) отражены основные аспекты, позволяющие уменьшить количество дефектов у выпускаемых кондитерских изделий, в частности шоколадных, путем корректировки рецептуры и технологических процессов. Вместе с тем, несмотря на многочисленные научные исследования влияния физико-химических процессов на качество шоколадных изделий при хранении, прогнозирование сроков хранения кондитерских изделий, практических рекомендаций по результатам научных исследований, включающих современные технологические решения по предотвращению появления дефектов шоколадных нарезных и корпусных конфетах в процессе хранения на данных момент недостаточно, что и обосновывает актуальность данного исследования.

Цель настоящего исследования — анализ причин возникновения дефектов шоколадных конфет при хранении и разработка технологических приемов по их устранению.По гипотезе авторов на качество шоколадных изделий, в значительной мере могут влиять как процессы миграции жира и неправильной кристаллизации начинки, так и эвтектика различных по плотности слоев начинки. В частности, статья направлена на решение следующих вопросов:

(1) Какие дефекты проявляются при хранении корпусных и нарезных конфет?
(2) Каково влияние нарушения технологии изготовления шоколадных конфет на появление дефектов, возникающих при хранении?
(3) Какие технологические приемы позволяют сохранить качество корпусных и нарезных конфет в процессе хранения?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Объект исследования — авторские шоколадные конфеты нарезные однослойные ганашевые и многослойные (с хрустящим пралиновым и мармеладными слоями), корпусная конфета с карамельной начинкой, производитель ООО «БК», г. Тюмень; экспериментальные образцы начинок в том числе мармелада с температурой варки 103 °С, 105 °С и 107 °С; образцы темного шоколада с включение какао — масла в количестве 3 %, 5 %, 8 %, 10 % соответственно (образцы хранили в течение 108 дней, при температуре 16–18 °С, пробы отбирались каждые 18 дней).

Таблица 1
Объекты исследования и анализируемый дефект
Table 1
Research Objects and Analyzed Defect

№ п/п	Наименование	Состав	Дефект
1	Нарезная конфета малина-шоколад	Малиновое пюре, сахар-песок, глюкозный сироп, пектин цитрусовый, шоколад темный 54,5 %, сливочное масло 82,5 %, сливки 33 %, декстроза	Трещина по периметру корпуса нарезной конфеты при хранении
2	Нарезная конфета кофе-пекан	Сливки 33 %, глюкозный сироп, инвертный сахар, кофе растворимый, молочный шоколад 33,6 %, сливочное масло 82,5 %, пралине пекан	Выделение жира из начинки при хранении
3	Корпусная конфета соленая карамель	Сахар-песок, глюкозный сироп, сливки 33 %, молочный шоколад 33,6 %, сливочное масло 82,5 %, соль	Отхождение донышка от корпуса конфеты при хранении

Состав конфет и дефекты, подвергнутые исследованию, представлены в Таблице 1. Исследуемые дефекты являются часто встречающимися на любом производстве шоколадных конфет, с другими рецептурами.

Для решения выявленных дефектов, нами были проанализированы рецептуры представленных изделий, технология их приготовления и условия хранения.

Методы

При проведении исследования использовали метод анализа дефектов с проведением визуального осмотра изделий, анализ причин дефектов проводили по методике «5 Whys analysis» (Barsalou et al., 2023). Для определения температуры кристаллизации, темперированные образцы наносили ровным слоем на пергаментные листы, толщина слоя составляла 0,5 ± 0,05 мм, время кристаллизации 2–3 минуты, при температуре не выше 18±0,5 °С.

Оборудование

В исследовании применялось стандартное технологическое оборудование, для определения температуры темперированных масс использовали профессиональный бесконтактный лазерный пирометр «Testo» страна-производитель Франция, диапазон измерения температур от –50 до +280 °С, точность ±0,1 %.

Для определения температуры варки мармелада использовали щуповой цифровой термометр «DT-131» страна-производитель Россия, диапазон измерения температур от –40 до +250 °С, точность ±1,5 %.

Для варки карамели использовали термометр в нержавеющем кожухе, страна-производитель Франция, диапазон измерения температур от +80 до +300 °С.

Для темперирования шоколада использовали автоматические темп-машины «Selmi», страна-производитель Италия.

Глазирование нарезных конфет проводилось на автоматической темп-машине с линией для глазировки «Selmi» страна производитель Италия. Цифровой микрометр «Мегеон» с точностью до 0,001 мм, страна-производитель РФ.

Процедура исследования

На первом этапе исследования классифицировали дефекты шоколадных конфет: по внешнему виду (сахарный и жировой налет, изменения поверхности корпуса, появление пятен, просачивание начинки); дефекты формы (растрескивание корпуса, появление трещин и вмятин, неправильное рас-

положение начинки, неправильная форма конфет, отхождение донышка конфеты). На втором этапе исследования осуществляли экспериментальный подбор методик по профилактике и/или корректирующим действиям по недопущению и устранению выявленных дефектов. На третьем этапе были разработаны стандартизированные операционные процедуры и разработана техническая документация в виде рабочих инструкций, форм с подробной информацией о характере недопустимых дефектов, причин возникновения и необходимых корректирующих действий. На четвертом этапе на узкоспециализированное предприятие по выпуску шоколадных конфет ООО «БК» были внедрены предлагаемые корректирующие методы и документация, регламентирующая процессы предотвращения повторных дефектов. С целью верификации и валидации предложенных корректирующих мер, каждая производственная партия в количестве 500 штук конфет была подвергнута непрерывному производственному мониторингу, что позволило получить эмпирические данные о результативности предложенных мер по устранению дефектов и их влиянии на стабильность производственного процесса. Шоколадные конфеты хранили при стандартных условиях, при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха не более 75 % в течение 108 суток.

Анализ данных

Анализ возникновения дефектов был изучен при помощи методики «5 Whys analysis». Статистические данные обрабатывались программой Statistics (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA, 2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с применяемой методикой «5 Whys analysis» изучали и анализировали каждый этап производства — (1) сырье, (2) рецептуру, (3) технологию, (4) соблюдение условий хранения, (5) соблюдение гигиенических нормативов. На первом этапе исследований были выявлены причины появления наиболее часто встречающихся дефектов глазированных нарезных конфет с мармеладным слоем и корпусных конфет.

Трещина по периметру корпуса нарезной конфеты

Определено, что при изготовлении нарезных конфет (на примере конфеты «Малина-шоколад») температура варки мармелада составляет 101 °С, студнеобразователь- цитрусовый пектин, для глазирования используется шоколад низкой текучести. Выявлено, что нарушен температурный режим варки мармелада: температура 101 °С недостаточна, что привело к миграции лишней влаги в менее влажную часть конфеты (ганаш) и увеличению показателя активности воды aw. Следствием этого, могут стать нежелательные процессы, связанным с развитием патогенных микроорганизмов в начинке-ганаше (Юшина., 2018; Молибога., 2011; Шамилов и соавт., 2023). Использование же шоколада низкой текучести в комбинации с не плотным и влажным мармеладом, влияет на сохранность глазированного корпуса, где при 3-х и более хранении появляются трещины в глазури по периметру нарезной конфеты, данный дефект представлен на Рисунке 1.

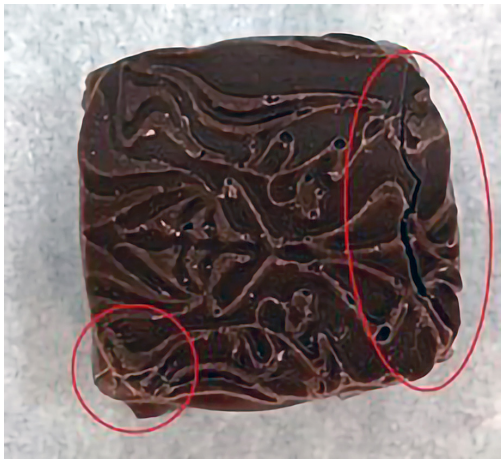
Таким образом, выявлено, что причиной появления трещин на глазури нарезной конфеты с мармеладным слоем, является высокая влажность мармеладной массы, вследствие чего влажная поверхность мармелада образует конденсат между слоями мармелад-шоколад, что приводит к растрескиванию

Рисунок 1

Фото дефекта нарезной конфеты — трещины на глазури при хранении

Figure 1

Photo of the Defect in a Layered Candy – Cracks on the Glaze during Storage



поверхности глазури. Использование шоколада низкой текучести при глазировании образует толстый и неравномерный слой, что также приводит к растрескиванию корпуса из-за внутреннего напряжения при кристаллизации и хранении.

Выделение жира из начинки при хранении

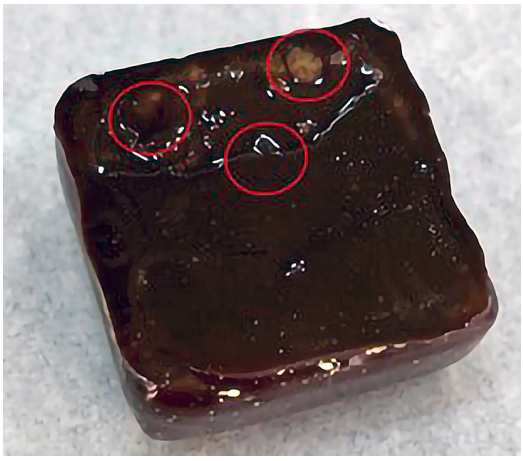
При определении причины выделения жира из слоя пралине на поверхность на примере нарезной конфеты «Кофе-пекан» (Рисунок 2), после анализа сырья, рецептуры, технологии было установлено, что не соблюдены технологические требования, такие как- соотношение пралине и шоколада в рецептуре хрустящего слоя из пекана (соотношение 5:1 при требуемом 2:1), в технологии отсутствует процесс темперирования шоколадной массы, тогда как технология должна включать обязательные этапы перемешивания пралине с шоколадом, нагрев до 40 °С, студнеобразование и стабилизация в рамке с последующим процессом кристаллизации в холодильной камере при температуре 4–6 °С и времени застывания не менее 40 минут, после чего на поверхность застывшего слоя пралине выкладывают ганаш и продолжают кристаллизацию при температуре 4–6 °С, в течение 10–12 часов, далее глазируют темперированным горьким шоколадом. Выделение жира наблюдается уже спустя 2–3 часа после глазирования, при хранение количество жира на поверхности конфеты увеличивается. Дефект выделения жира из конфеты при хранении представлен на Рисунке 2.

Рисунок 2

Фото дефекта нарезной конфеты — выделение жира из начинки при хранении нарезной конфеты

Figure 2

Photo of the Defect in a Layered Candy – Fat Separation from the Filling during Storage



Анализ показал, что выделение жира из начинки на поверхность нарезной конфеты связано с большим содержанием жира с низкой температурой плавления в ганаше, нарушением рецептуры. Из-за резкого охлаждения хрустящего слоя, происходит неправильная кристаллизация какао-масла, содержащегося в шоколаде так как начинка при температуре хранения 16–18 °С может содержать нестабильные кристаллы жиров, что приводит к выделению жира на поверхности. (Кондратьев и соавт., 2023; Потороко и соавт., 2021) . Выявлено, что на появление данного дефекта так же влияет такой процесс как эвтектика, а именно-при неправильном соотношении жиров, наблюдается снижение плотности начинки так как неправильно подобранные в рецептуре жиры мешают друг другу правильно кристаллизоваться. Существует 6 видов кристаллов и их различают по рангу температуры кристаллизации (Gamma I — 18°C, Alfa II — 18–24°C, Beta’’ III — 24–28°C, Beta’ IV — 28–32°C, Beta V — 33–35°C, Super-Beta VI — 35–37°C) Только кристаллы III, IV и V дают стабильные кристаллы и имеют прямое влияние к температурам кристаллизации, кристаллы правильно темперированной массы находятся в форме V и естественным образом переходят в форму VI (Afoakwa et al., 2008; Afoakwa et al., 2010; Chen et al., 2021; Castro-Alayo et al., 2023).

Отхождение донышка от корпуса

Данный дефект является достаточно распространенным, чаще всего встречается именно в корпусных конфетах, с использованием жидких начинок, в том числе карамельных, алкогольсодержащих, ганашевых начинок с большим содержанием влаги. На Рисунке 3 представлено фото дефекта.

Анализ методом «5 Whys analysis» показал, что основная причина данного дефекта — это нарушение технологии уваривания карамели, а именно: жидкость в карамели недостаточно выпарена, из-за жидкой консистенции начинки нарушен процесс закрывания донышка корпуса, из-за чего при хранении карамельная начинка начинает засахариваться, а донышко отходить от корпуса. Так же было выявлено, что недостаточно уваренная карамель с повы-

Рисунок 3

Фото дефекта — трещина у донышка конфеты и полное отхождение донышка

Figure 3

Photo of the Defect – Crack at the Base of the Candy and Complete Detachment of the Base

шенным содержанием влаги способствует долгой и неполноценной кристаллизации начинки, вследствие чего появляются трещины и полное отхождение донышка от корпуса конфеты.

Следующим этапом исследования служил поиск решений по устранению выявленных дефектов (Таблица 2).

Устранение дефекта 1

Для устранения дефекта 1, были приготовлены экспериментальные партии мармеладного слоя, варка которых осуществлялась при температурах 103 °C, 105 °C и 107 °C. Для увеличения текучести шоколада, добавляли какао-масло в количестве 3 %, 5 %, 8 % и 10 % от общего веса шоколада. При отработке технологии малиновое пюре с глюкозным сиропом нагревали до 40 °C, после чего добавляли сахар соединённый с цитрусовым пектином и уваривали массы до указанных температур, для ускорения активации работы пектина добавляли лимонную кислоту в количестве 0,1 % от массы пюре в конце варки. Было отмечено, что при добавлении смеси сахара с пектином при температуре выше 40 °C, нарушается гомогенность смеси (Першина и соавт., 2015; Тарасенко., 2018; Шодиев и соавт., 2022). Оценка консистенции опытных образцов показала, что образец мармелада (103 °C), имел липкую поверхность, при нарезании деформировался; образец мармелада (105 °C) имел студнеобразную форму, хорошо поддавалась нарезанию, образец мармелада (107 °C) имел плотную форму, затяжистую и твердую консистенцию. Таким образом, опытным путем определено, что оптимальными характеристиками консистенции обладает образец с температурой варки 105 °C. Фото экспериментального образца мармелада представлено на Рисунке 4.

Далее поверх мармеладного слоя выкладывали ганаш и после кристаллизации нарезали 2,5 × 2,5 см и глазировали в темперированном темном шоколаде.

Для увеличения текучести темного шоколада, добавляли какао-масло в количестве 3 %, 5 %, 8 % и 10 % от массы шоколада, в Таблице 3 представ-

Таблица 2

Систематизация причин дефектов и предлагаемые решения по их устранению

Table 2

Systematization of Defect Causes and Proposed Solutions for Their Elimination

№	Дефект	Причина дефекта	Предлагаемое решение
1	Трещина по периметру корпуса нарезной конфеты при хранении	Нарушение температуры варки мармелада, неверный выбор текучести шоколада для глазури	(1) Усовершенствование технологии варки мармелада (2) Правильный подбор шоколада для глазирования
2	Выделение жира из начинки при хранении	Соотношение пралине к шоколаду в ганаше, неправильный подбор жиров	(1) Усовершенствование рецептуры начинки с изменением соотношения шоколада и пралине 1:1
3	Отхождение донышка от корпуса конфеты при хранении	Нарушение технологии варки карамельной начинки	(1) Увеличение температуры варки карамели до 170 °C (2) Внесение лимонной кислоты 1 % для устранения риска засахаривания карамельной начинки (3) Усовершенствование технологии формирования донышка корпуса с помощью ацетатной пленки

Рисунок 4

Образец экспериментального образца мармелада с температурой варки 105 °C

Figure 4

Sample of the Experimental Marmalade with a Cooking Temperature of 105°C

лены описательные характеристики корпусов глазированных конфет с увеличенной текучестью шоколада.

Согласно Таблице 3, образец с добавлением 5% какао-масла от общей массы шоколада обладает наилучшими органолептическими характеристиками в отношении внешнего вида и поверхности шоколадного изделия.

Устранение дефекта 2

Для устранение дефекта 2 усовершенствовали рецептуру пралиновой начинки, что потребовало проведения исследований по ее кристаллизации. Было разработано две рецептуры с соотношением пралине и шоколада 2:1 и 1:1. Молочный шоколад нагревали до 40 °C, добавляли пралине температура которого составляет 30–35 °C, пробивали массу в однородную смесь при помощи блендера в течение 2–4 минут, после чего темперировали, массу нагревали до 45 °C, охлаждали до температуры 28–28,5 °C и нагревали до рабочей температуры 29–29,5 °C. Темперирование проводили на охлаждаемой поверхности ручным способом (Debaste et al., 2008). После темперирования определяли температуру и время кристаллизации массы (Рисунок 5).

Таблица 3

Внешний вид корпуса глазированных конфет

Table 3

Appearance of the Shell of Glazed Candies

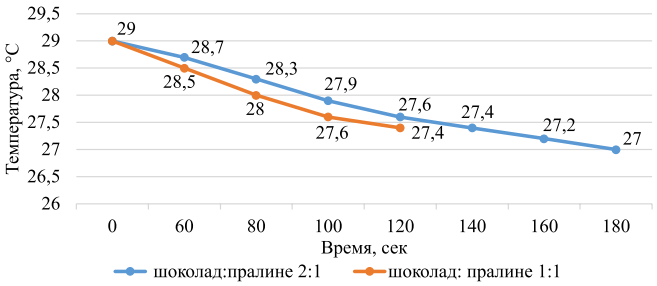
Хранение, сутки	Образец с добавлением какао-масла в количестве			
	3%	5%	8%	10%
1	Ровная поверхность толщина корпуса на разрезе 3 мм	Ровная поверхность, толщина корпуса разрезе 1,5 мм	Начинка просвечивает на уголках, корпус на разрезе толщиной Менее 1 мм	Уголки конфет с трещинами, корпус на разрезе толщиной Менее 1 мм, на донышке конфеты следы конвейера
18	Корпус без изменений	Корпус без изменений	Небольшие трещины на корпусе	Сильное растрескивание корпуса
36	Наблюдаются небольшие изменения в корпусе, без очевидных трещин	Корпус без изменений	Сильные трещины на корпусе	Отхождение корпуса от начинки
54	У уголков корпусов трещины	Корпус без изменений	Сильные трещины на корпусе	Незначительное отхождение корпуса от начинки
72	Трещины в корпусе	Корпус без изменений	Незначительное отхождение корпуса от начинки	Отхождение корпуса от начинки
90	Трещины в корпусе	Появляются слегка заметные трещины на поверхности	Отхождение корпуса от начинки	Значительное отхождение корпуса от начинки
108	Отхождение корпуса от начинки	Без изменений с последней обработки результатов	Отхождение корпуса от начинки	Полное разрушение корпуса

Рисунок 5

Динамика кристаллизации образцов исследования пралиновой начинки

Figure 5

Dynamics of Crystallization of the Samples of Praline Filling Studied



У образца с соотношением пралине пекана и молочного шоколада 1:1, кристаллизация при которой масса не липла и легко отходила от пергамента проходила при температуре 27,4 °С, время 2 минуты (120 сек.).

У образца с соотношением пралине пекана и молочного шоколада 2:1, время на кристаллизацию составляло 3 минуты (180 сек.), температура кристаллизации — 27,0 °С, отмечено, что на поверхности пергамента остаются небольшие следы не кристаллизованной массы. Проведенный эксперимент показал, что образец с соотношением шоколада и пралине 1:1 является наиболее лучшим по времени и степени кристаллизации. Далее была выработана опытная партию конфет «Кофе-пекан» с включением в состав хрустящего слоя молочного шоколада, в соотношение 1:1 пралине-молочный шоколад. Разработанные образцы хранили при температуре не выше 20 °С в течение 90 суток, каждые 15 отбирали пробы для оценки качества. Определено, что для исключения выделения жира из начинки на поверхность конфеты, массу пралине необходимо темперировать одновременно с шоколадом, так как входящее в состав шоколада какао-масло состоит из кристаллов. Оптимальное соотношение пралине и шоколада в начинке составляет 1:1.

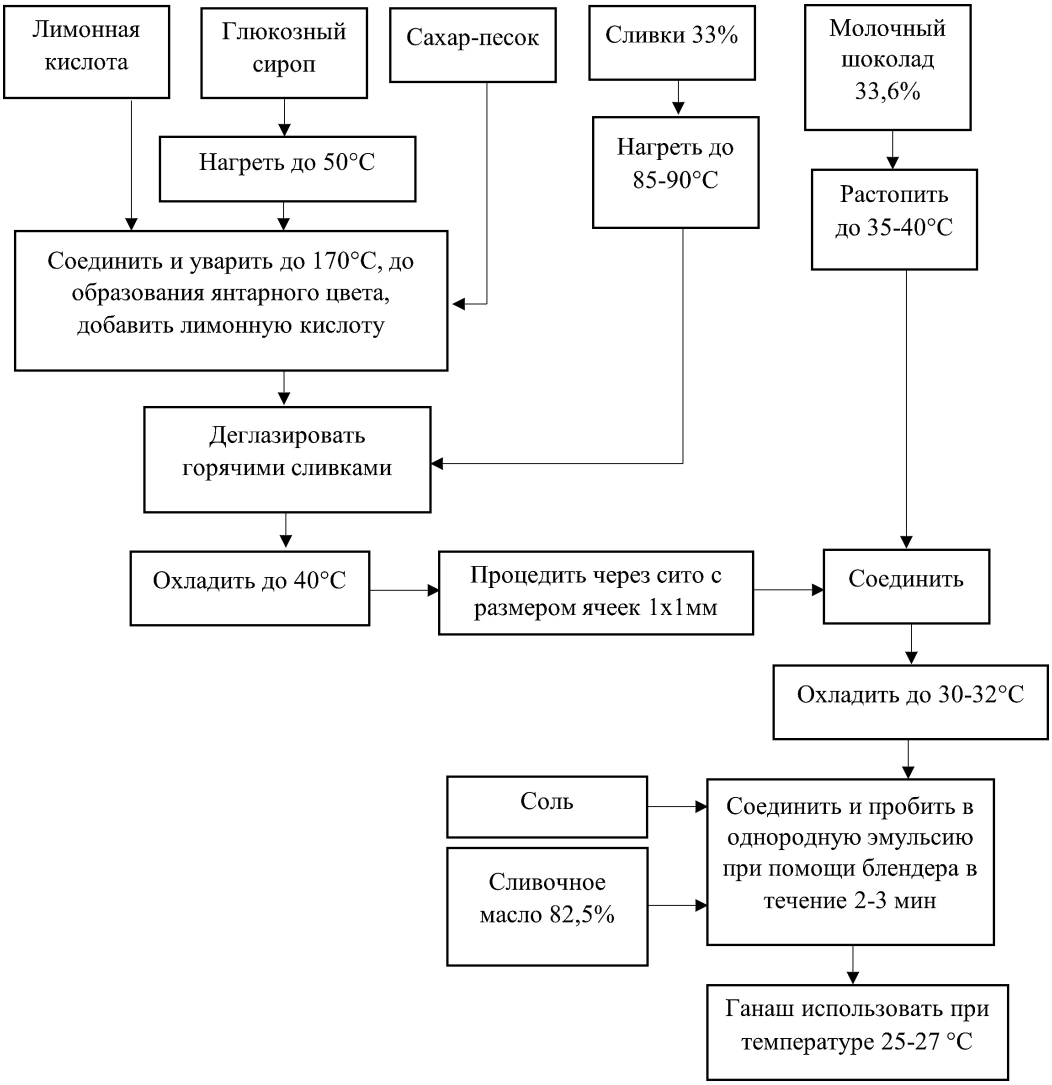
Было отмечено, что в течение всего срока хранения образцов, изготовленных по усовершенствованной рецептуре, не было обнаружено просачивания жира через донышко конфеты. На разрезе изделие имеет стабильный хрустящий слой и ганаш, начинки между собой не перемешиваются, каждый слой равномерно распределен в конфете.

Устранение дефекта 3

Скорректирована технология приготовления карамели с увеличением температуры варки с 115 °С до 170 °С (Шамилов и соавт., 2023; Головачева и соавт., 2023). При приготовлении карамели, глюкозный сироп нагревали до 50° и в три этапа всыпали сахарный песок, массу уваривали до 170 °С, для устранения засахаривания ганаша добавляли добавляли лимонную кислоту в количестве 1 % от количества сахаров; карамель янтарного цвета деглазировали горячими сливками и уваривали массу до 108 °С, охлаждали до 40 °С и вливали на растопленный молочный шоколад, при температуре 32 °С , добавляли сливочное масло и поваренную соль, побивали блендером в течение 2–3 минут до однородной эмульсии. При температуре 25–27 °С начинку отсаживали в корпусы конфет и кристаллизовали в течение 12 часов при температуре 16–18 °С. Для лучшего соединения донышка с корпусом, был предложен метод закрывания с использованием плотной ацетатной пленки, толщиной 200 мкм. Далее закрывали донышки при помощи ацетатной пленки, после кристаллизации шоколада пленку снимали, конфеты извлекали из формы. В результате корректировки рецептуры карамельной начинки, было отмечено, что получен положительный результат внесённых корректировок: карамельный ганаш имел стабильную структуру, добавление лимонной кислоты устранило риск засахаривания карамели. В течение всего срока хранения донышки конфет были ровными, без вмятин, трещин и просачивания карамельной начинки. Технология приготовления карамельного ганаша представлена на Рисунке 6.

Данная технология приготовления является универсальной и подходит для приготовления различных видов карамели, с использованием фруктово-ягодных пюре и без. При приготовлении фруктовой или ягодной карамели, необходимо учитывать содержание влаги в сырье и корректировать количество ингредиентов, в частности сахара и шоколада.

Рисунок 6
Усовершенствованная технология приготовления карамельного ганаша
Figure 6
Enhanced Technology for Preparing Caramel Ganache



ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате текущего исследования определены основные дефекты, возникающие при хранении шоколадных корпусных и нарезных конфет: трещина по периметру корпуса нарезной конфеты; выделение жира из начинки при хранении; отхождение донышка от корпуса. Исследования показали, что причинами возникновения дефектов являются:

(1) В отношении появления трещин по периметру корпуса нарезной конфеты — увеличение показателя активности воды aw как следствие нарушения температурного режима варки мармелада при изготовлении нарезной конфеты с мармеладным и хрустящим слоем. В предыдущих исследованиях рассматривалось корреляция между показателем активности воды в ганаше и хранимоспособностью шоколадных конфет (Заворохина и соавт., 2024; Шамилов и соавт., 2024). В данном исследовании данная гипотеза нашла подтверждение и в отношении нарезных конфет с мармеладным слоем. Предложенные авторами рекомендации по корректировке технологии варки мармелада позволили избежать внесения дополнительных гидрофильных влагоудерживающих агентов, таких как декстроза, в состав конфеты;

(2) В отношении выделения жира из начинки при хранении — несоблюдение соотношение пра-

лине и шоколада в рецептуре хрустящего слоя из пекана (5:1 при требуемом 1:1). Согласно нашей гипотезе миграция жира происходила вследствие неправильного процесса кристаллизации какао-масла и процесса эвтектики из-за снижения плотности начинки, что согласуется с данными других авторов (Afoakwa et al., 2008; Afoakwa et al., 2010; Chen et al., 2021; Castro-Alayo et al., 2023). Определено, что одновременное темперирование шоколада и пралиновой массы исключает дальнейшее выделение жира из начинки на поверхность конфеты, а изменение температуры охлаждения хрустящего слоя способствует увеличению плотности начинки, устранению отрицательного взаимного влияния слоев друг на друга, и, как следствие, предотвращению появления выделения жира на поверхность конфеты при хранении; в отношении отхождения донышка от корпуса — нарушение технологии уваривания карамели до требуемой влажности. Опытными исследованиями подтверждено, что высокая влажность мармеладной массы провоцирует появление конденсата между слоями мармелад-шоколад, что приводит к растрескиванию глазури. Было предложено увеличить температуру варки карамели с 115 °С до 170 °С (Шамилов и соавт., 2023; Головачева и соавт., 2023), что способствовало более быстрому увариванию и предотвращению появления дефекта. Выдвинутые авторами предложения по изменению температурных режимов варки мармелада и кристаллизации карамели, совместному темперированию пралиновой начинки и шоколада, имели положительный эффект: конфеты, изготовленные по предложенной технологии, сохраняли свое качество в процессе хранения при температуре не выше 20 °С в течение 90 суток без появления дефектов.

Полученные результаты позволяют оценить влияние нарушения технологических процессов, и ошибок в рецептуре шоколадных конфет на появление дефектов при хранении. Выдвинутые авторами гипотезы по влиянию активности воды, температуре варки мармелада и кристаллизации при уваривании карамельной массы в целом согласуются с опубликованными ранее теоретическими исследованиями других ученых (Кондратьев и соавт., 2022; Заворохина и соавт., 2024; Солдатова и соавт., 2019; Юшина., 2018).

Изменения качественных характеристик шоколадных конфет в процессе хранения обусловлены качеством сырья, соблюдением технологических операций и температурных режимов при изготовлении, физико-химическими процессами, происходящими при хранении (Barsalou et al., 2023; Кондратьев и соавт., 2022). Текущее исследование имеет прикладной характер: авторами даны конкретные технологические рекомендации по корректировке соотношения шоколада и пралине (1:1), предложены оптимальные режимы производства многослойных нарезных и корпусных конфет с пралиновой начинкой, в том числе описаны все этапы технологии, позволяющие избежать появления наиболее часто возникающих при хранении дефектов;

Ограничением исследования может служить различный химический состав сырьевых компонентов, используемых для производства шоколадных изделий. Для достижения требуемого качества и устранения возможных дефектов при хранении конфет следует строго соблюдать режимы технологического цикла и требования к качеству полуфабрикатов — пралиновой, мармеладной, карамельной массы, а также использовать стандартные методы для оценки их влажности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном исследовании с помощью метода «5 Whys analysis» проанализированы основные дефекты шоколадных корпусных и нарезных конфет, появляющиеся в процессе хранения. Выявлено, что на появление дефектов нарезных конфет влияют температурные режимы варки мармелада и его структурные показатели. Определено, что добавление 5 % какао-масла в шоколад, повышает его текучесть, при этом выявлено, что наилучшее качество при хранении в течение 108 суток показал образец с внесением 5 % какао-масла от общего содержания шоколада. Основные достижения в области повышения качества шоколадных конфет при хранении включают предложения новых технологических приемов, позволяющих предотвратить появление дефектов. Значимость исследования заключается в возможности практического применения разработанных технологий на предприятии кондитерской промышленности. В этой связи целесообразно проведение дальнейших исследований по сравнительной оценке влияния различных компонентов шоколадных конфет на их хранимоспособность. Предложенные технологические решения имеют положительный эффект, позволяющий

повысить качество выпускаемых шоколадных изделий при хранении и внедрены на предприятиях по выпуску авторских конфет на предприятиях г. Тюмень. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение органолептических показателей нарезных и корпусных конфет, изготовленных с использованием арктического растительного сырья в том числе в процессе хранения.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Шамиль Асхабович Шамилов: разработка концепции, разработка методологии, проведение исследования, визуализация.

Наталия Валерьевна Заворохина: научное руководство, предоставление ресурсов, валидация результатов, написание рукописи — рецензирование и редактирование.

Ольга Викторовна Чугунова: формальный анализ, курирование данных.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Shamil A. Shamilov: conceptualization, methodology, investigation, visualization.

Natalia V. Zavorokhina: supervision, resources, validation, writing — review & editing.

Olga V. Chugunova: formal analysis, data curation

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Алексейчева, Е.Ю., Магомедов, М.Д., & Сидоренко, С.В. (2024). Особенности покупательского поведения на российском рынке молочной продукции. *Экономические системы*, *17*(1), 45–50. http://dx.doi.org/10.29030/2309-2076-2024-17-1-45-50

Alekseicheva, E.Yu., Magomedov, M.D., & Sidorenko S.V. (2024). Features of consumer behavior in the Russian dairy market. *Economic Systems, 17*(1), 45–50. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.29030/2309-2076-2024-17-1-45-50

Бутова, С.Н., & Бабарыкина, С.В. (2019). Применение заменителей масла какао в производстве конфет с корпусом типа пралине. *Молодой ученый, 39*(227), 176–179.

Butova, S.N., & Babarykina, S.V. (2019). Application of cocoa butter substitutes in the production of candies with praline-type body. *Young Scientist, 39*(227), 176–179. (In Russ.)

Верещагин, А.Л., Резниченко, И.Ю., & Бычин, Н. В. (2019). Термический анализ в исследовании качества шоколада и кондитерских изделий. *Техника и технология пищевых производств*, *49*(2), 289–300. http://dx.doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-289-300

Vereshchagin, A.L., Reznichenko, I.Yu., & Bychin, N.V. (2019). Thermal analysis in the quality study of chocolate and confectionery products. *Food Processing: Techniques and Technology, 49*(2), 289–300. (In Russ.) https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-289-300

Головачева, О.В., Захарова, И.И., Николаева, Т.А., & Сухова, О.В. (2023). Применение молодых сосновых шишек в кондитерском производстве на примере конфет ручной работы. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*, (3), 95–97. http://dx.doi.org/10.24412/2311-6447-2023-3-95-97

Golovacheva, O.V., Zakharova, I.I., Nikolaeva, T.A., & Sukhova, O.V. (2023). Application of young pine cones in confectionery production on the example of handmade sweets. T*echnologies for the Food and Processing Industry of AIC-Healthy Food,* (3), 95–97. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.24412/2311-6447-2023-3-95-97

Демидова, И.Б., & Ловачев, Л.Н. (1982). Состав и изменения липидной фракции при хранении казеинатов натрия. Известия ВУЗов. *Пищевая технология*, (1), 36–39.

Demidova, I. B., & Lovachev, L. N. (1982). Composition and changes in the lipid fraction during storage of sodium caseinates. *Izvestiya VUZov. Food Technology*, (1), 36–39. (In Russ.)

Дмитриченко, М.И., Запорожец, А.И., & Уголев, Д.А. (1987). Количественная оценка животного масла при хранении. Известия ВУЗов. *Пищевая технология*, (1), 112–115.

Dmitrichenko, M.I., Zaporozhets, A.I., & Ugolev, D.A. (1987). Quantitative evaluation of animal oil during storage. *Izvestiya VUZov. Food technology,* (1), 112–115. (In Russ.)

Заворохина, Н.В., Шамилов, Ш.А., Чугунова, О.В., & Тарасов, А.В. (2024). Увеличение хранимоспособности шоколадных конфет за счет снижения активности воды в начинках-ганашах. *Вестник КрасГАУ*, (6), 188–197. http://dx.doi.org/10.36718/1819-4036-2024-6-188-197

Zavorokhina, N.V., Shamilov, Sh.A., Chugunova, O.V., & Tarasov, A.V. (2024). Increasing the storage capacity of chocolates by reducing the activity of water in ganache fillings. *Bulliten KrasSAU,* (6), 188–197. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.36718/1819-4036-2024-6-188-197

Ильина, Т.Ф. (2016). Заменители масла какао «СолПро». *Пищевая промышленность*, (9), 54–55.

Ilyina, T.F. (2016). SolPro cocoa butter substitutes. *Food Industry*, (9), 54–55. (In Russ.)

Кондратьев, Н.Б. (2012). Причины порчи кондитерских изделий. *Хлебопродукты*, (8), 54–55.

Kondratyev, N.B. (2012). Causes of spoilage of confectionery products. *Khleboprodukty*, (8), 54–55. (In Russ.)

Кондратьев, Н.Б., Осипов, М.В., & Федоренко, К.В. (2023). Прогнозирование скорости миграции жиров в шоколадных конфетах с начинками из масс пралине. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, *12* (201), 237–245. http://dx.doi.org/10.36718/1819-4036-2023-12-237-245

Kondratiev, N.B., Osipov, M.V., & Fedorko, K.V. (2023). Predicting the fats migration rate in chocolates with praline mass fillings. *Bulliten KrasSAU, 12*(201), 237–245. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.36718/1819-4036-2023-12-237-245

Кондратьев, Н.Б., Руденко, О.С., Осипов, М.В., & Баженова, А.Е. (2022). Прогнозирование срока годности кондитерских изделий в условиях ускоренного хранения: обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 22–39. http://dx.doi.org10.36107/spfp.2022.354

Kondratyev, N.B., Rudenko, O.S., Osipov, M.V., & Bazhenova, A.E. (2022). Forecasting the shelf life of confectionery products under accelerated storage conditions: A scoping review. *Storage and Processing of Farm Products*, (4), 22–39. (In Russ.) http://dx.doi.org10.36107/spfp.2022.354

Криворотов, В.С., & Минбаева, Л.Ф. (2006). Управление экономической устойчивостью кондитерских предприятий. *Terra Economicus*, (4), 213–215.

Krivorotov, V.S., & Minbaeva, L.F. (2006). Management of economic sustainability of confectionery enterprises. *Terra Economicus*, (4), 213–215. (In Russ.)

Мазукабзова, Э. В., Зайцева, Л. В., Кондратьев, Н. В., Петрова, Н. А., & Казанцев, Е. В. (2021). Сравнительное исследованиеотечественныхиимпортныхзаменителей масла какао лауринового типа для производства кондитерских глазурей. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, *12*(177), 247–253. http://dx.doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-247-253

Mazukabzova, E. V., Zaitseva, L. V., Kondratyev, N. V., Petrova, N. A., & Kazantsev, E. V. (2021). Comparative studying the domestic and imported lauric cocoa butter substitutes for confectionery glazes production. *Bulliten KrasSAU, 12*(177), 247–253. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-247-253

Молибога, Е. А. (2011). Показатель активности воды как предмет управления качеством. *Вестник Омского государственного аграрного университета, 1*(1), 95–97.

Moliboga, E. A. (2011). Index of activity of water as an article of management by quality. *Bulletin of Omsk State Agrarian University, 1*(1), 95–97. (In Russ.)

Першина, О. Н., & Помозова, В. А. (2015). Сравнительный анализ эффективности водоудерживающих добавок в производстве термостабильного фруктового джема. *Пищевая промышленность*, (3), 20–23.

Pershina, O. N., & Pomozova, V. A. (2015). The comparative analysis of efficiency of water retaining additives in production of thermostable fruit jam. *Food Industry,* (3), 20–23. (In Russ.)

Потороко, И. Ю., Кади, А. М. Я., Анйум, В., & Руськина, А.А. (2021). Молекулярный докинг растительных стабилизирующих частиц для функциональных эмульсионных пищевых систем. *Индустрия питания*, *8*(2), 84–92. http://dx.doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-9

Potoroko, I. Yu., Kadi, A. M. Y., Anium, V., & Ruskina, A.A. (2021). Molecular docking for the functional properties evaluation of plant stabilizing particles in the emulsion food systems. *Food Industry, 8*(2), 84–92. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-9

Рыжакова, А. В., & Бабина, О.А. (2017). Мировой рынок кондитерских изделий. *Международная торговля и торговая политика*, *4*(12), 59–74.

Ryzhakova, A. V., & Babina, O.A. (2017). The global confectionery market. *International trade and trade policy, 4*(12), 59–74. (In Russ.)

Солдатова, Е. А., Мистенева С.Ю., & Савенкова, Т.В. (2019). Условия и критерии обеспечения хранимоспособности кондитерских изделий. *Пищевая промышленность*, (5), 82–85. http://dx.doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10078

Soldatova, E. A., Misteneva, S. Yu., & Savenkova, T. V. (2019). Conditions and criteria for ensuring the storability of confectionery products. *Food Industry,* (5), 82–85. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10078

Тарасенко, А. В. (2018). Исследование свойств пектиновых веществ для производства продуктов здорового питания. *Новые технологии, 19*(4), 163–167. http://dx.doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-163-167

Tarasenko, A. V. (2023). Study of the properties of pectin substances for the production of healthy food products. *New Technologies, 19*(4), 163–167. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-163-167

Титов, А. К. (2021). Состояние и перспективы развития кондитерской промышленность в Российской Федерации на современном этапе. *Вестник Академии знаний*, *6*(47) 319–323. http://dx.doi.org/10.24412/2304-6139-2021-6-319-323

Titov, A. K. (2021). State and prospects of development of the confectionery industry of the Russian federation at the present stage. *Bulletin of the Academy of Knowledge, 6*(47) 319–323. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.24412/2304-6139-2021-6-319-323

Тихонова, И. (2020). Производство кондитерских изделий в России. *Кондитерские изделия,* (5)*,* 21–38.

Tikhonova, I. (2020). Production of confectionery products in Russia. *Confectionery Products*, (5), 21–38. (In Russ.)

Ткешелашвили, М. Е., Бобожонова, Г. А., & Сорокина, А. В. (2020). Разработка конфет типа ассорти повышенной пищевой ценности и сохраняемой. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 139–151. https://doi.org/10.36107/spfp.2020.319

Tkeshelashvili, M. E., Bobozhonova, G. A., & Sorokina, A.V. (2020). Development of sweets of the assorty type increased nutritional value and shelf life. S*torage and Processing of Farm Products,* (4), 139–151. (In Russ.) https://doi.org/10.36107/spfp.2020.319

Шамилов, Ш.А., & Заворохина, Н.В. (2023). Разработка методов повышения сроков хранения шоколадных изделий. *Урал — драйвер неоиндустриального и инновационного развития России: материалы V Уральского экономического форума* (с. 281–284). Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет.

Shamilov, Sh. A., & Zavorokhina, N. V. (2023). Development of methods to increase the shelf life of chocolate products. *Ural — A driver of neoindustrial and innovative development of Russia: materials of the V Ural Economic Forum* (pp. 281–284). Ekaterinburg: Ural State University of Economics. (In Russ.)

Шамилов, Ш. А., & Заворохина, Н. В. (2023). Разработка шоколадных конфет длительного срока хранения для населения Арктических зон РФ. З*доровое питание и нутриционная поддержка: медицина, образование, инновационные технологии* (с. 64–65). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское региональное отделение общественной организации «Союз педиатров России».

Shamilov, Sh. A., & Zavorokhina, N. V. (2023). Development of long shelf life chocolates for the population of the Arctic zones of the Russian Federation. *Healthy nutrition and nutritional support: medicine, education, innovative technologies* (pp. 64–65). St. Petersburg: St. Petersburg Regional Branch of the Union of Paediatricians of Russia Public Organisation. (In Russ.)

Шодиев, Д. А., & Курбонов, Х. А. (2022). Перспективы использования пищевых добавок в пищевой промышленности. *Universum: технические науки, 5*(98), 24–26.

Shodiev, D. A., & Kurbonov, H. A. (2022). Prospects for the use of food additives in the food industry. *Universum: Technical Sciences, 5*(98), 24–26. (In Russ.)

Юшина, Ю. К. (2018). Актуальные вопросы установления сроков годности пищевых продуктов. *Все о мясе,* (3), 48–51.

Yushina, Y. K. (2018). Actual issues of establishing the shelf life of food products. *All about Meat*, (3), 48–51. (In Russ.)

Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008). Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering*, *2*(89), 128–136. http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.021

Afoakwa, E.O. (2010). Chocolate production and consumption patterns. *Chocolate Science and Technology*, *1–11*. http://dx.doi.org/10.1002/9781444319880.ch1

Barsalou, M., & Starzyńska, B. (2023). Inquiry into the use of five whys in industry. *Quality Innovation Prosperity*, *27*(1), 62–78. https://doi.org/10.12776/qip.v27i1.1771

Castro-Alayo, E., Balcázar-Zumaeta, C., Torrejón-Valqui, L., Marleni, M., Ilse, S., & Fiorella, P. (2023). Effect of tempering and cocoa butter equivalents on crystallization kinetics, polymorphism, melting, and physical properties of dark chocolates. *Food Science and Technology*, *173*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114402

Chen, J., Ghazani, S. M., & Stobbs, J. A. (2021). Tempering of cocoa butter and chocolate using minor lipidic components. *Nat Commun,* (12), 1–9. https://doi.org/10.1038/s41467-021-25206-1

De Clercq, N., Walle, D., Pelsmaeker, S., Ghellynck, X., & Dewettinck, K. (2017). Functionality of cocoa butter equivalents in chocolate products. *European Food Research and Technology, 243*. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2745-6

Debaste, F., Kegelaers, Y., Liégeois, S., Ben Amor, H., & Halloin, V. (2008). Contribution to the modelling of chocolate tempering process. *Journal of Food Engineering, 4*(88), 568–575. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.019

Fadel, H., Mageed, M., Samad, A., & Lotfy, S. (2006). Cocoa substitute: Evaluation of sensory qualities and flavour stability. *Eur. Food Res. Technol, 223,* 125–131. https://doi.org/10.1007/s00217-005-0162-3

Killian, L., & Coupland, J. (2012). Manufacture and application of water-in-oil emulsions to induce the aggregation of sucrose crystals in oil: a model for melt-resistant chocolate. *Food Biophysics*, *7,* 124–131. https://doi.org/10.1007/s11483-012-9249-0

Laughter, J., Brown, B., & Anantheswaran, R. (2024). Effect of curing conditions on heat resistance in white chocolate. *Food Science & Nutrition*. https://doi.org/10.1002/fsn3.4292.

Lund, D. (2019). Owen Fennema: Food chemist extraordinaire. *Annual Review of Food Science and Technology, 10*(1), 21–41. https://doi.org/10.10.1146/annurev-food-032818-121847

Machálková, L., Hřivna, L., Nedomová, Š., & Jůzl, M. (2015). The effect of storage temperature on the quality and formation of blooming defects in chocolate confectionery. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 9*(1), 39–47. https://doi.org/10.5219/425

Malau, K., Ataribaba, Yu., & Armetha, V. (2024). The effect of product information on the consumers preference of local various chocolate bar. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology,* (8), 241–254. https://doi.org/10.55043/jaast.v8i2.264

Shandrivska, O., & Atamanchuk, K. (2024). Research of the market of chocolate and chocolate products in the world. *Journal of Lviv Polytechnic National University. Series of Economics and Management Issues,* (8), 43–61. https://doi.org/10.23939/semi2024.01.043

Sonwai, S., Ornla-Ied, P., & Aneknun, T. (2015). Lauric Fat cocoa butter replacer from krabok *(Irvingia Malayana)* seed fat and coconut oil. *Journal of Oleo Science, 64*(4), 357–365. https://doi.org/10.5650/jos.ess14244

Svanberg, L., Ahrné, L., Lorén, N., & Windhab, E. (2011). Effect of pre-crystallization process and solid particle addition on cocoa butter crystallization and resulting microstructure in chocolate model systems. *Procedia Food Science*, (1), 1910–1917. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.281