

УДК 664.6

Разработка мучных кондитерских изделий с пониженным содержанием сахара

А. А. Тумашов, А. С. Гаврилов, О. В. Чугунова*, О. Ю. Булыгина

*Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия;
e-mail: chugun.ova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
27.08.2021;

получена
после доработки
23.09.2021

Ключевые слова:

мучные кондитерские
изделия, сукралоза,
оценка качества,
сахарозаменители,
пряники

Поиск эквивалентных вкусовых сахарозаменителей несахаристой природы является актуальным направлением развития технологии мучных кондитерских изделий. В ходе исследований разработана рецептура пряников с частичной заменой рецептурного сахара на 15%-й раствор сукралозы в глицерине, максимально соответствующих по органолептическим показателям (вкусу, запаху, консистенции) традиционным мучным кондитерским изделиям. Результаты органолептической оценки закодированных опытных образцов пряников с привлечением экспертов показали, что снижение концентрации сахара на 25 % не приводит к статистически достоверному изменению органолептических показателей в сравнении с контрольными образцами. Замена более 30 % сахара способствует повышению пластичности теста, что затрудняет работу дозирующих механизмов; при этом изменяется вкус изделий (данные изменения отмечаются в ходе дегустационной оценки); их консистенция становится более плотной. В процессе исследований доказана стабильность количественных и качественных свойств пряников при хранении. Опытные образцы пряников с пониженным на 25 % содержанием сахара сохраняют все показатели, установленные ГОСТом для их хранения в течение 90 суток без статистически значимых изменений. Разложение сукралозы при изготовлении теста составило 0,1 %, в процессе выпечки – 2,6 %, при хранении в течение 120 суток – 6,7 % (от загруженного продукта). Разработанная рецептура позволяет предприятиям расширить ассортимент кондитерских изделий с пониженным содержанием сахара.

Для цитирования

Тумашов А. А. и др. Разработка мучных кондитерских изделий с пониженным содержанием сахара. Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 4. С. 428–440. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-4-428-440>.

Development of flour confectionery products with reduced sugar content

Andrey A. Tumashov, Andrey S. Gavrillov,
Olga V. Chugunova*, Olesya Y. Bulygina

*Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia;
e-mail: chugun.ova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Article info

Received
27.08.2021;

received
in revised form
23.09.2021

Key words:

flour confectionery
products, sucralose,
quality assessment,
sweeteners,
gingerbread cookies

Abstract

The search for equivalent flavoring sugar substitutes of a non-sugar nature is an urgent direction in the development of the technology of flour confectionery products. In the course of research, a gingerbread recipe has been developed with a partial replacement of the prescription sugar with a 15 % solution of sucralose in glycerin, which most closely correspond to the organoleptic characteristics (taste, smell, texture) of traditional flour confectionery products. The results of the organoleptic evaluation of coded prototypes of gingerbread with the involvement of experts have shown that a decrease in sugar concentration by 25 % does not lead to a statistically significant change in organoleptic parameters in comparison with control samples. Substitution of more than 30 % sugar leads to an increase in the plasticity of the dough complicating the operation of the dosing mechanisms; at the same time, the taste of the products changes (these changes are noted during the tasting assessment); their consistency becomes denser. In the process of research, the stability of the quantitative and qualitative properties of gingerbread during storage has been proved. Experimental samples of gingerbread with 25 % reduced sugar content retain all the indicators established by GOST for their storage for 90 days without statistically significant changes. The decomposition of sucralose in the manufacture of the dough is 0.1 %, in the baking process – 2.6 %, during storage for 120 days – 6.7 % (of the loaded product). The developed recipe allows enterprises to expand the range of confectionery products with reduced sugar content.

For citation

Tumashov, A. A. et al. 2021. Development of flour confectionery products with reduced sugar content. *Vestnik of MSTU*, 24(4), pp. 428–440. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-4-428-440>.

Введение

Потребление сахара в больших количествах является основным фактором риска заболеваемости диабетом и развития сосудистых осложнений. Результаты исследований экспертов Всемирной организации здравоохранения свидетельствуют о том, что более 80 % заболеваний взрослых и детей в той или иной степени связаны с нарушением питания [сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет 2-го типа (Т2DM), остеопороз и т. д.] (*Питание...*, 2005). Организм человека генетически не приспособлен к высокому потреблению растворимых углеводов. По данным статистики, на каждого человека в мире приходится 63–68 кг легкоусваиваемых углеводов в год. Излишек сахара чрезвычайно вреден для человека, поскольку может вызывать различные болезни (*Тейтельбаум и др.*, 2016).

Сахарный диабет 2-го типа является одним из наиболее распространенных заболеваний. Этиология Т2DM сложна и связана с необратимыми (возраст, генетика, раса, этническая принадлежность) и обратимыми факторами риска (физическая активность, курение, диета) (*Sami et al.*, 2017).

Учитывая данные эпидемиологических исследований, ВОЗ утвердила рекомендации по снижению потребления сахара до уровня "менее 5 % от поступающей в организм из пищи энергии"¹. Руководители компаний, производящих безалкогольные напитки, подписали соглашение (Кодекс добровольных обязательств) по снижению среднего содержания сахара в составе безалкогольных напитков на 10 % до 2024 г. (*Филимонова и др.*, 2016).

Накопленный отечественный и зарубежный опыт убедительно свидетельствует, что использование сахарозаменителей – наиболее доступный, экономически целесообразный и эффективный путь коррекции обменных процессов, характеризующих здоровье и питание современного человека. Востребованность кондитерских изделий потребителями всех возрастных групп объясняется не только особыми вкусовыми качествами продукции, но и ее положительным эмоциональным влиянием на человека (*Савенкова и др.*, 2015; *Резниченко и др.*, 2020). В связи с этим поиск эквивалентных вкусовых сахарозаменителей несахаристой природы является актуальным направлением пищевой промышленности.

Для профилактики и снижения риска развития Т2DM, предотвращения диабетических осложнений и других нарушений углеводного обмена необходимо расширение ассортимента специализированных пищевых продуктов с модифицированным углеводным составом, содержащим ингредиенты, обладающие гипогликемическим действием (*Питание...*, 2005; *Кочеткова и др.*, 2018; *Воробьева и др.*, 2014; *Palzer*, 2017; *Clemens et al.*, 2016).

Известны примеры рецептов кондитерских изделий (пряников) с частичной или полной заменой сахара на инвертный сироп (ГОСТ Р 53041-2008²), патоку (патенты РФ № 2729400 и 2294643). Однако инвертный сироп (кукурузный сироп, искусственный мед) – это все тот же сахар, и даже более вредный, чем произведенный из сахарного тростника. Так, за последние 15 лет потребление высокофруктозного кукурузного сиропа увеличилось на 250 %, и за тот же период примерно на 45 % выросла заболеваемость диабетом (*Тейтельбаум и др.*, 2016).

В патентной литературе имеются примеры рецептов пряников с полной заменой сахара на объемные заменители, например фруктозу, изомальт (патент РФ № 2625586), смесь сахарозаменителей из эритрита, изомальтита и сорбита (патент РФ № 2711961). Несмотря на снижение гликемического индекса и калорийности, они отличаются по вкусу и внешнему виду от привычных аналогов (*Nagai et al.*, 2018). Полностью заменить сахар на полиолы или другие сахарозаменители невозможно, так как он является не только наполнителем, но и веществом, определяющим цвет, текстуру, вкус за счет реакции карамелизации и реакции Майяра. Кроме того, объемные сахарозаменители (сорбит, ксилит, эритрол) обладают высоким осмотическим индексом, поэтому согласно ТР ТС 022/2012 на упаковке обязательна надпись "Может оказывать слабительное действие при употреблении более 25,0 г" (т. е. можно съесть только один пряник в день).

Цель настоящего исследования – разработка заварных пряников со сниженным содержанием сахара, максимально соответствующих по органолептическим показателям (вкусу, запаху, консистенции) традиционным мучным кондитерским изделиям.

Материалы и методы

В качестве материалов в работе использовали сукралозу (ЕАЭС N RU Д-CN.АБ51.В.01335/19), стевиолгликозиды (RU Д-CN.НВ42.В.20591/20), сахаринат натрия (RU Д-CN.АД37.В.04145/19), глицерин (ГОСТ 6824-96), воду дистиллированную (ГОСТ Р 58144-2018), подсластитель "Сластеея-супер" (ТУ 9197-001-05150170-16), сахар-песок (ГОСТ 33222 2015), муку пшеничную (ГОСТ 26574-2017), маргарин (ГОСТ 32189-2013), инвертный сироп (ГОСТ Р 53041-2008), вкусоароматические ингредиенты (ванилин) (соответствующие нормативные документы).

Объектом исследования являлись опытные и контрольные образцы пряника "Северный" (ГОСТ 15810-2014 с дополнительной надписью на этикетке "С пониженным на 25 % содержанием сахара").

¹ Guideline: Sugars intake for adults and children. Geneva : World Health Organization, 2015. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>.

² См. приложение.

Опытную партию производили на производственных линиях ООО "Березовский Хлеб" по разработанной рецептуре, включающей замену сахара (25 %) на расчетное количество раствора сукралозы (15 %) в глицерине (84 %). Технологическая схема получения пряников предусматривала следующие операции. В емкость с паровой рубашкой заливали горячую воду температурой 70–80 °С, загружали сахар-песок, патоку и нагревали при постоянном перемешивании до полного растворения сахара (60–75 °С). Готовый сироп фильтровали через сито и охлаждали до температуры не ниже 40 °С; добавляли расчетное количество 15%-го раствора сукралозы в глицерине (коэффициент сладости 1 : 100); плотность сиропа для замеса теста 1,32–1,33 г/см³. Приготовленный сироп переливали в тестомесильную машину, добавляли оставшееся по рецептуре сырье и перемешивали в течение 2–4 минут (число оборотов насадки вокруг оси составляло 120–180 об./мин). Затем добавляли растворенные в воде химические разрыхлители и муку; замес теста продолжали 1,5–2,0 минут до получения однородной консистенции (температура готового теста 20–22 °С, влажность 18–23 %).

Готовое тесто направляли в воронку формующей машины; для получения купола без начинки использовали простую отсадочную машину с вальцовым нагнетанием теста и струнной резкой. Отформованные тестовые заготовки укладывали на листы, предварительно смазанные растительным маслом.

Пряники выпекали в печи в течение 12–14 минут при температурах: зона 1 – 210; зона 2 – 180; зона 3 – 180 °С. После выпечки пряники охлаждали в течение 5–10 минут до 45–50 °С – наиболее благоприятной температуры для глазирования пряников (если глазирование пряников производить при большей температуре, то возможно неровное застывание глазури, если температура ниже – возможна неправильная кристаллизация сахара и дальнейшее осыпание глазури).

Глазирование опытных и контрольных пряников производили во вращающемся барабане в течение 50 секунд сахарным сиропом (77–78 % сухих веществ, плотность 1,33–1,34 г/см³). После глазирования пряники распределяли на сечтатом транспортере для сушки; период сушки пряников составлял 40–50 минут.

Упаковку, маркировку и хранение пряников проводили по ГОСТ 15810-96 "Изделия кондитерские пряничные". Сроки хранения пряников при температуре 18 ± 3 °С и относительной влажности воздуха до 75 % составляют не более 90 суток.

В работе использовали общепринятые и стандартные методы исследования. Органолептические показатели по пятибалльной шкале оценивали пять экспертов (специалисты Уральского государственного экономического университета и ООО "Березовский Хлеб"); экспертизу качества проводили по требованиям ГОСТ 15810-2014; влажности – по ГОСТ 5900-2014.

Стабильность сукралозы определяли с помощью хроматографического анализа методом внешнего стандарта. Основной раствор готовили из твердого стандартного образца сукралозы³; калибровочный раствор – посредством разбавления из основного стандартного раствора:

– основной раствор сукралозы массовой концентрацией 1,5 мг/см³: навеску сукралозы массой 75 мг, взвешенную с точностью до 0,1 мг, помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл, растворяли в небольшом количестве воды и доводили содержимое до метки водой;

– калибровочный раствор сукралозы массовой концентрацией 0,3 мг/см³: аликвоту (5 мл) основного раствора сукралозы помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили содержимое водой до метки.

Подготовку 15%-го раствора сукралозы в водно-глицериновой смеси для анализа осуществляли таким образом: аликвоту (1 мл) 15%-го раствора сукралозы в водно-глицериновой смеси помещали в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводили содержимое водой до метки; получали раствор сукралозы массовой концентрацией 1,5 мг/см³.

Пробоподготовка образцов пищевых продуктов

В ходе пробоподготовки образцов пищевых продуктов выполнялись следующие действия:

– измельченную пробу пряников или пряничного теста массой 5 г, взвешенную с точностью до 1 мг, помещали в мерную колбу вместимостью 100 мл; добавляли 50 мл воды; содержимое перемешивали и обрабатывали ультразвуком в УЗ-бане в течение 15 минут. После охлаждения полученных растворов до комнатной температуры их объем в колбе доводили до метки;

– полученный раствор фильтровали через бумажный складчатый фильтр, затем – через мембранный фильтр с порами размером 0,45 мкм. Патрон для твердофазной экстракции, заполненный обращенно-фазовым сорбентом С 18, кондиционировали посредством пропускания через него ацетонитрила и воды порциями по 5 мл. В кондиционированный патрон вводили по 5 мл отфильтрованного раствора пробы. Затем патрон промывали тремя порциями воды по 5 мл, не допуская попадания воздуха в патрон. Сукралозу элюировали из патрона 5 мл подвижной фазы для высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); полученный элюат хроматографировали.

³ Декларация о соответствии требованиям технического регламента Евразийского экономического союза (технического регламента Таможенного союза). Дата регистрации 27.03.2020. URL: <https://Декларации-соответствия.рус/EAES-N-RU-D-CNPT61V0174920/>.

Хроматографические условия и выполнение измерений

Для выполнения измерений использовали хроматограф жидкостный аналитический Agilent-1200 (США), оснащенный 4-канальным градиентным насосом, проточным вакуумным дегазатором, детектором испаряющего светорассеяния и автосамплером; колонку PhenomenexLunaC 18(2) (США), 250×4,6 мм, 5 мкм; температура колонки 30 °С; элюент – 15%-й ацетонитрил; скорость потока элюента 0,8 мл/мин; объем пробы 20 мкл; параметры детектирования: температура детектора 60 °С, чувствительность 6, фильтр 1. В колонку хроматографа в автоматическом режиме вводили основной и калибровочный растворы сукралозы, подготовленный для анализа 15%-й раствор сукралозы, подготовленные растворы пряников и пряничного теста.

Содержание сукралозы, г, в 100 г пряников и пряничного теста вычисляли по формуле

$$X_1 = \frac{S_1 a_0 \cdot 100 \cdot 100}{S_0 a_1 \cdot 50 \cdot 5} = \frac{S_1 a_0 \cdot 40}{S_0 a_1},$$

где S_1 – среднее значение площади пика сукралозы на хроматограмме испытуемого раствора; S_0 – среднее значение площади пика сукралозы на хроматограмме стандартного раствора; a_0 – навеска сукралозы, г; a_1 – навеска пряника или пряничной массы, г; 50, 100 – объемы аликвотных частей и мерных колб, мл.

Исследования проведены в 3-5-кратной повторности; результаты обработаны с помощью методов математической статистики и являются достоверными.

Результаты и обсуждение

Сахарозаменители и подсластители обладают различными технологически-функциональными свойствами, которые необходимо учитывать при разработке специализированных кондитерских изделий. Наиболее часто в кондитерской промышленности используются подсластители, способные выдерживать температуру в объеме выпекаемого изделия: стевииогликозиды – 120 °С (*González et al., 2014*); натрия сахаринат – до 370 °С (*Medina et al., 2014*); сукралоза – 128–138 °С (*Bannach et al., 2009*).

На первом этапе исследования изучали влияние концентрации подсластителей на вкус лабораторных образцов пряников. Подсластители растворяли в воде и добавляли в пряничное тесто в различных концентрациях. По результатам органолептической оценки, проведенной группой экспертов, было установлено, что оптимальный профиль сладости имели образцы с добавлением сукралозы (0,05 %). Пряники со стевииозидом (0,1 %) имели отчетливый горький привкус, а с добавлением натрия сахарината (0,05 %) – длительное послевкусие. Поэтому было принято решение в дальнейшем использовать в качестве заменителя сахара сукралозу.

На следующем этапе исследования предложено в качестве растворителя сукралозы использовать глицерин, который является природным антисептиком. Растворы сукралозы в глицерине самостерилизуются в течение трех суток, следовательно, появляется возможность не включать в состав консерванты (патент РФ № 2648460). Кроме того, глицерин не испаряется, что исключает кристаллизацию веществ в открытой упаковке. В глицерине не растворяется кислород, что предотвращает окисление чувствительных веществ. Глицерин – хороший растворитель (сукралозы – 25 %, стевииозида – 30 %) и наполнитель (легко и однородно смешивается с любыми пищевыми продуктами (тестом, творогом, порошками).

В табл. 1 представлено соотношение сырья на выпеченный полуфабрикат пряника "Северный" с пониженным количеством сахара в сравнении с контрольным образцом.

Таблица 1. Соотношение сырья на выпеченный полуфабрикат пряника "Северный" (без глазури)
Table 1. The ratio of raw materials for baked semi-finished gingerbread "Northern Gingerbread", without glaze

Наименование	Расходная норма, кг/кг		Калорийность, ккал/100 г	Калорийность изделия, ккал/100 г		Цена, руб./кг	Цена 1 кг изделия, руб.	
	Контроль	Опыт		Контроль	Опыт		Контроль	Опыт
Мука I сорт	0,513	0,567	342,000	17,556	19,380	20,000	10,267	11,333
Сахар	0,223	0,167	400,000	8,907	6,667	49,500	11,022	8,250
Инвертный сироп	0,108	0,108	334,000	3,607	3,607	159,000	17,172	17,172
Маргарин	0,043	0,043	713,000	3,090	3,090	95,000	4,117	4,117
Масло растительное	0,015	0,015	877,000	1,286	1,286	80,000	1,173	1,173
Аммоний карбонат	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	45,000	0,201	0,201
Сода пищевая	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	45,000	0,060	0,060
Ванилин	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	110,000	0,220	0,220
Раствор сукралозы (15 %)	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	1 760,000	0,000	1,174
Вода	0,090	0,092	0,000	0,000	0,000	–	0,000	0,000
Итого	1,000	1,000	–	34,446	34,030	–	44,232	43,700

Данные табл. 1 свидетельствуют о возможности снижения концентрации сахара на 25 % при практически неизменной калорийности и стоимости, соответственно 2 и 1,3 %. Количества и составы глазури для опытных и контрольных образцов одинаковы, поэтому не учитывались при расчете относительного снижения калорийности и стоимости.

Известно, что исключение сахара из рецептов мучных кондитерских изделий – задача сложная не только при достижении традиционных органолептических характеристик продукции, но и при формировании необходимых структурно-механических свойств продукта. Сахар связывает воду, обеспечивает необходимый объем, участвует в реакции Майяра, формируя цвет, аромат и вкус готовой продукции. Характеристика формы, интенсивность окрашивания поверхности и мякиша разработанной продукции представлена по результатам органолептической оценки. Динамика изменения объемов и геометрических размеров пряника, сохранение мягкости продукции в зависимости от массовой доли введения раствора сукралозы в глицерине в настоящей работе не представлена.

Результаты органолептической оценки закодированных образцов с привлечением экспертов, указанные в табл. 2, свидетельствуют о том, что снижение концентрации сахара на 25 % не приводит к статистически достоверному изменению органолептических свойств в сравнении с контролем. Заменить сахар более 30 % не представляется возможным, так как тесто приобретает повышенную пластичность, что затрудняет работу дозирующих механизмов. Одновременно при этом изменяется вкус изделий, что отмечается в результатах дегустационной оценки; также изменяется консистенция изделия, оно становится более плотным.

Таблица 2. Органолептические показатели контрольных и опытных с пониженным на 25 % содержанием сахара образцов пряников

Table. 2. Organoleptic parameters of control and experimental samples of gingerbread samples with reduced sugar content equal to 25%

Наименование показателя	Характеристика (ГОСТ 15810-2014)	Контроль	Опытный образец
Вкус и запах	Изделия с ярко выраженными сладкими вкусом и ароматом, свойственными данному наименованию пряничного изделия, соответствующими вносимым вкусоароматическим добавкам; без посторонних привкуса и запаха.	Вкус сладкий, послевкусие приятное, аромат ванили	
Структура	Изделия с мягкой, связанной структурой, не рассыпающиеся при разламывании	Мягкая, не рассыпающаяся при разламывании	
Цвет	От бело-кремового до темно-коричневого с оттенками различной интенсивности. Цвет мякиша равномерный по всему объему изделия. Поверхность может быть темнее мякиша, нижняя поверхность темнее верхней. Допускается более темный цвет выступающих рельефов оттиска рисунка или надписи. Общий тон окраски отдельных изделий должен быть одинаковым в каждой упаковочной единице.	Светло-кремовый	Светло-коричневый с желтым отливом
		Цвет мякиша равномерный по всему объему изделия	
Вид в изломе	Пропеченные изделия, с равномерной и хорошо развитой пористостью, без пустот, закала и следов непромеса. В пряниках с начинкой начинка должна находиться внутри изделия, не допускается ее вытекание на поверхность изделия. Допускается незначительное уплотнение в местах, граничащих с начинкой.	Пропеченные изделия с равномерной, хорошо развитой пористостью, без пустот, закала и следов непромеса	
Поверхность	Сухая, без крупных трещин, вздутий, впадин, не подгоревшая, без наплывов. Допускается наличие мелких трещин не более 5 % площади поверхности. Оттиск рисунка или надписи должны быть четкими, нерасплывшимися. Допускается отделка верхней поверхности. Поверхность пряничных изделий, покрытых сахарным сиропом, нелипкая, "мраморная", с характерными скоплениями кристаллов белого цвета, без сколов и оголенных мест.	Сухая, без крупных трещин, вздутий, впадин, не подгоревшая, без наплывов; поверхность нелипкая, "мраморная", с характерными скоплениями кристаллов белого цвета, без сколов и оголенных мест	
Форма	Правильная, разнообразная, нерасплывчатая, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью (за исключением пряничных изделий, имеющих оттиск рисунка или надписи на поверхности). Нижняя поверхность ровная. Допускаются каверны не более 5 мм в диаметре в количестве не более 10 % площади нижней поверхности.	Округлая, нерасплывчатая, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью	

Представленные на рис. 1 фотографии показывают, что контрольный и опытный с пониженным на 25 % уровнем сахара образцы имеют в центре светло-желтое окрашивание с постоянным переходом его в светло-коричневое по периметру. Замена сахара на сукралозу приводит к некоторому изменению цвета в белую область.

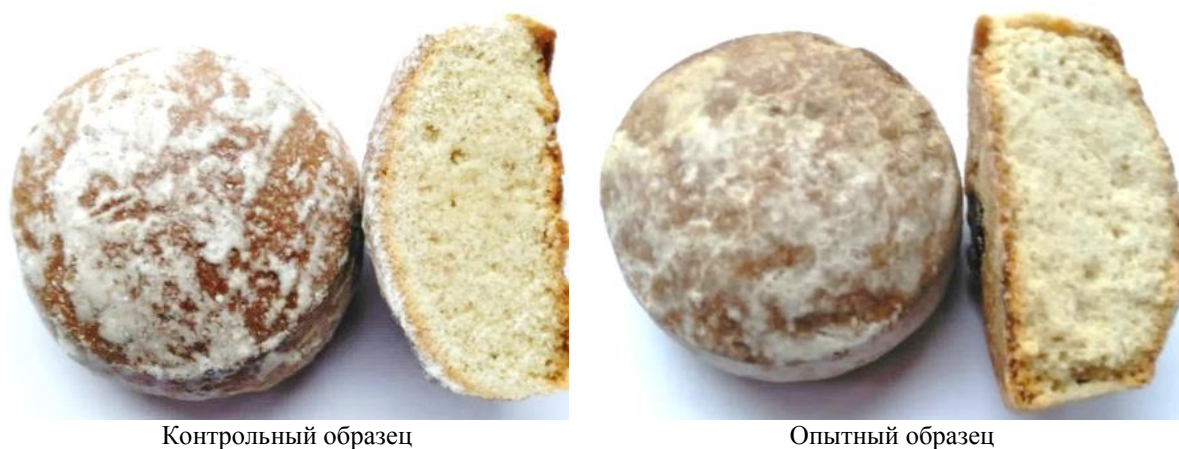


Рис. 1. Внешний вид контрольных и опытных с пониженным на 25 % содержанием сахара образцов пряников
Fig. 1. Appearance of control and experimental gingerbread samples with reduced sugar content equal to 25 %

Результаты исследования стандартных физико-химических показателей контрольного и опытного с пониженным на 25 % содержанием сахара образцов пряников представлены в табл. 3.

Таблица 3. Физико-химические показатели пряников
Table 3. Physico-chemical indicators of gingerbread

Наименование показателя	Норма для заварных пряников	Контроль	Опытный образец
Массовая доля влаги, %	8,5–16,0	9,0 ± 0,3	9,2 ± 0,3
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, % не менее	24,0	24,5 ± 0,4	18,4 ± 0,5
Плотность, г/см ³	От 0,35 до 0,55	0,41 ± 0,04	0,44 ± 0,07
Намокаемость, % не менее	180,0	190 ± 5	195 ± 5,0
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, % не более	15,0	5,8 ± 0,3	5,3 ± 0,2
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, % не более	0,1	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Щелочность, градусы, не более	2,0	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что опытные образцы соответствуют требованиям ГОСТа, за исключением показателя "массовая доля сахара".

Стабильность опытных образцов пряников при хранении изучали в естественных условиях в заводской упаковке (цефлен-пакеты), расфасованных по 0,4 кг (табл. 4).

Таблица 4. Стабильность качественных показателей опытных образцов пряников при хранении ($T = 18 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, W – не более 75 %)
Table 4. Stability of quality indicators of experimental samples of gingerbread during storage ($T = 18 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, W is not more than 75 %)

Наименование показателя	Продолжительность хранения, месяцы		
	0	3	4
<i>Органолептические показатели</i>			
Вкус и запах	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,4 ± 0,3
Структура	4,6 ± 0,1	4,6 ± 0,2	4,4 ± 0,2
Цвет	4,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,2
Вид в изломе	4,6 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,4 ± 0,3
Поверхность	4,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,2
Форма	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	4,8 ± 0,2

<i>Физико-химические показатели</i>			
Массовая доля влаги, %	9,2 ± 0,3	9,4 ± 0,3	9,7 ± 0,3
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %	18,4 ± 0,5	18,5 ± 0,5	18,5 ± 0,5
Плотность, г/см	0,44 ± 0,07	0,43 ± 0,05	0,45 ± 0,05
Намокаемость, %	190 ± 10	185 ± 5	185 ± 10
Массовая доля жира, в пересчете на сухое вещество, %	5,3 ± 0,2	5,3 ± 0,2	5,3 ± 0,2
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, %	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Щелочность, градусы	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
<i>Показатели безопасности</i>			
БГКП	Не обнаружены в 1 г	Не обнаружены в 1 г	Не обнаружены в 1 г
Дрожжи, КОЕ/г	3 · 10 ¹	3 · 10 ¹	3 · 10 ¹
КМАФАнМ, КОЕ/г	1,4 · 10 ³	1,5 · 10 ³	1,6 · 10 ³
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	Не обнаружены в 25 г	Не обнаружены в 25 г	Не обнаружены в 25 г
Плесени, КОЕ/г	Менее 1 · 10 ¹	Менее 1 · 10 ¹	Менее 1 · 10 ¹

Результаты, представленные в табл. 4, свидетельствуют о том, что опытные образцы пряников с пониженным на 25 % содержанием сахара сохраняют все показатели, установленные ГОСТом для хранения в течение 90 суток; коэффициент запаса для нескорпортующихся продуктов без статистически значимых изменений составляет 30 %.

Стабильность сукралозы в глицерине составляет 4 года (табл. 5). Отсутствие изомеризации и продуктов разложения определено в условиях хроматографирования и показано на рис. 2: *a* – калибровочный график; *b* – после хранения раствора в течение 4 лет при комнатной температуре в защищенном от света месте.

Таблица 5. Стабильность сукралозы в глицерине, тесте и пряниках

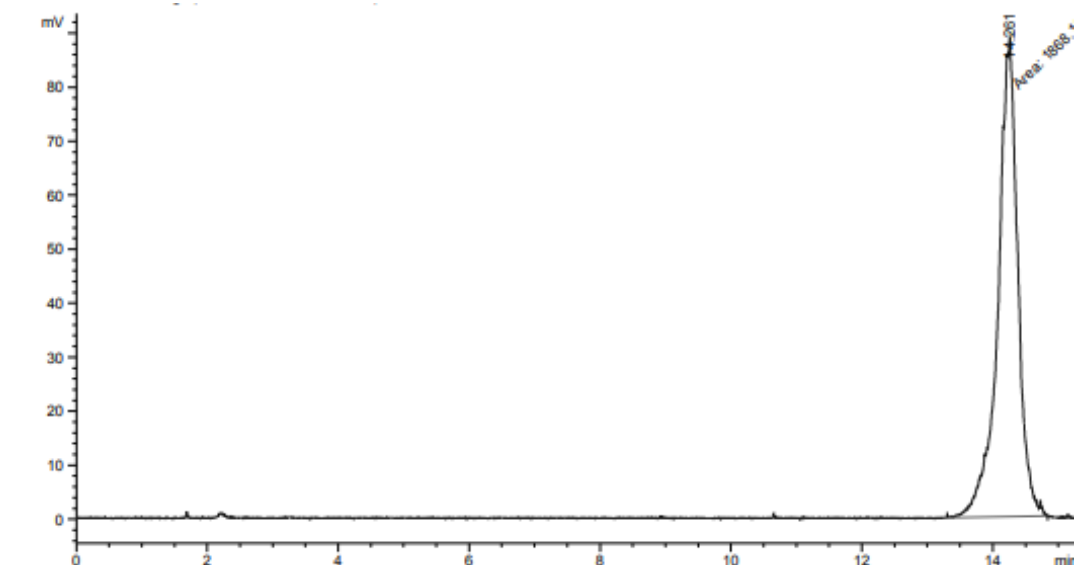
Table 5. Sucralose stability in glycerin, dough, and gingerbread

№ п/п	Наименование образца	Время удерживания пика сукралозы, мин	Площадь пика, $\mu V \times c$	Найденное содержание сукралозы, мг на 100 г продукта
1	Раствор сукралозы в глицерине 1,5 мг/мл (15.03.2021)	14,203	6751,31	–
2	15%-й раствор сукралозы в смеси глицерина и воды с разбавлением 1 : 100 до 1,5 мг/мл (серия 11.11.2016)	14,178	6805,77	–
3	Калибровочный раствор сукралозы (0,3 мг/мл)	14,261	1868,12	–
4	Свежие пряники	14,298	912,76	0,293
5	Пряники после хранения в течение 120 суток	14,237	870,84	0,280
6	Пряничное тесто	14,490	792,28	0,254

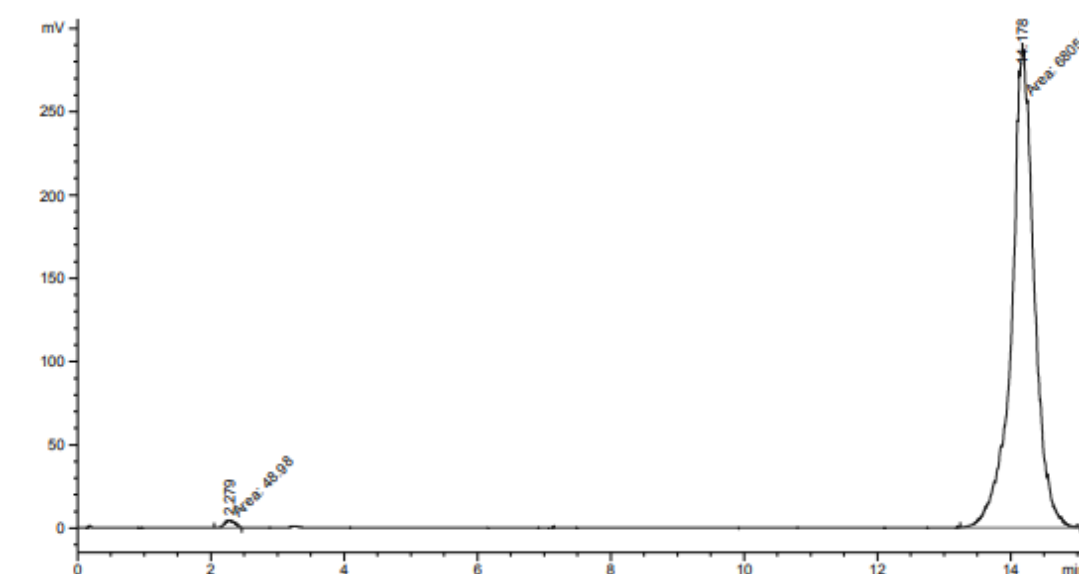
Из данных табл. 5 следует, что содержание сукралозы в продукте составляет 0,293 мг на 100 г продукции (свежие пряники) и 0,280 мг на 100 г продукции (после хранения в течение 120 суток). В соответствии с приложением 13 к ТР ТС 029/2012 "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств" максимальный уровень сукралозы (E955) в "кондитерских изделиях со сниженной калорийностью или без добавления сахара – 1 г/кг"; для "мучных кондитерских изделий для диетического питания – 700 мг/кг". Таким образом, содержание сукралозы в пряниках значительно ниже ($700/2,8 = 25$ раз) максимального уровня, установленного в регламенте.

В приложении 13 к ТР ТС 029/2012 отсутствует наименование продукции, к которой возможно отнести разработанные авторами пряники (так как в составе пряников присутствует сахар, калорийность

изделий не снижена; они не являются продуктом диетического питания). Поэтому при декларировании данный продукт будет иметь наименование «Пряник "Северный"» с пониженным на 25 % содержанием сахара без отнесения к категории низкокалорийных и диетических продуктов.



a



б

Рис. 2. Хроматограмма содержания сукралозы в 15%-м водно-глицериновом растворе: *a* – раствор сукралозы в глицерине (86 %, 0,3 мг/мл, калибровочный раствор); *б* – после хранения в течение 4 лет при комнатной температуре в защищенном от света месте (серия 11.11.2016; 0,15 мг/мл)

Fig. 2. Chromatogram of sucralose content in 15 % water-glycerin solution: *a* – solution sucralose in glycerin (86 %, 0.3 mg/ml, calibration solution); *б* – after storage for 4 years at room temperature, protected from light (11.11.2016 series; 0.15 mg/ml)

Установлено, что 15%-й водно-глицериновый раствор был приготовлен с соблюдением правил приготовления растворов и его концентрация соответствует заявленной.

В ходе проведенных исследований определено содержание сукралозы в 15%-м водно-глицериновом растворе в пряничном тесте (рис. 3), свежих и хранившихся 120 суток пряниках (рис. 4).

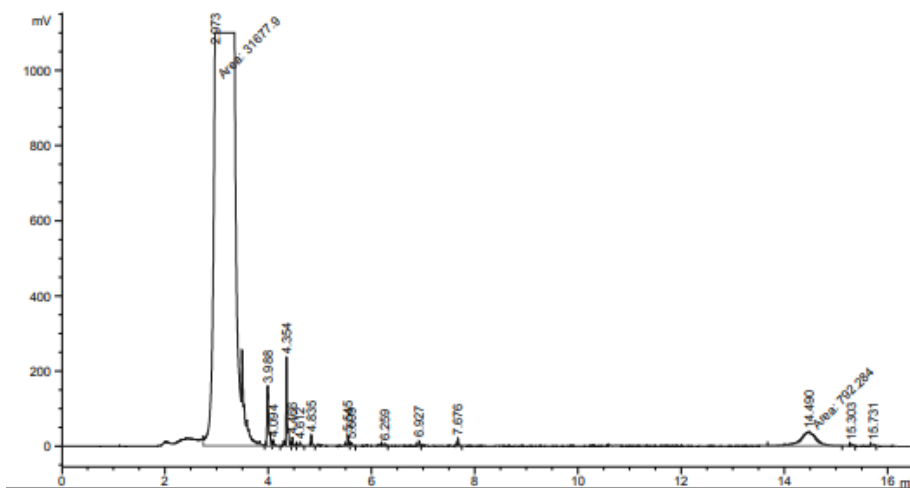
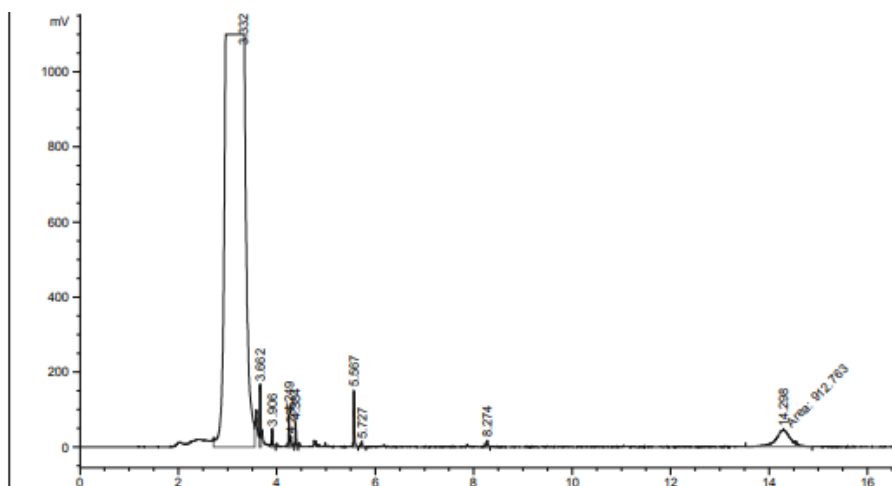
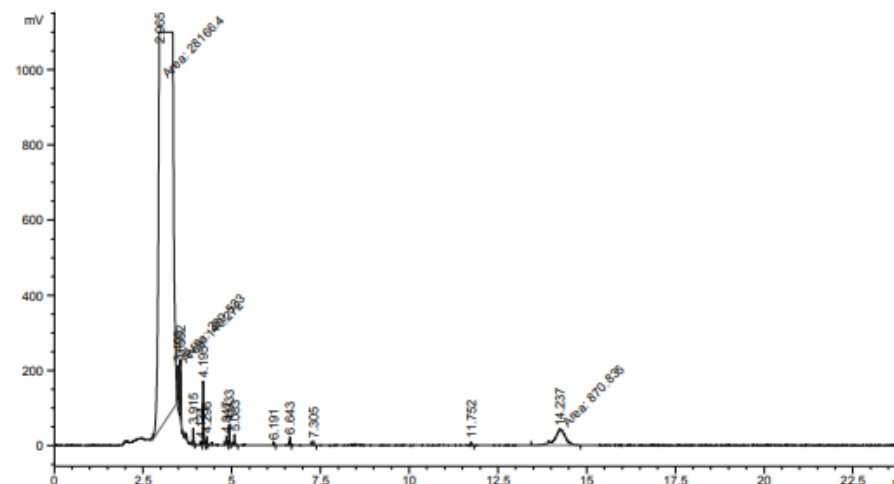


Рис. 3. Хроматограмма содержания сукралозы в 15%-м водно-глицериновом растворе в пряничном тесте
 Fig. 3. Chromatogram of sucralose content in 15 % water-glycerin solution in gingerbread dough



a



б

Рис. 4. Хроматограмма содержания сукралозы в 15%-м водно-глицериновом растворе в свежих пряниках (*a*) и пряниках после хранения (*б*)
 Fig. 4. Chromatogram of sucralose content in 15 % water-glycerin solution in fresh gingerbread (*a*) and after storage (*б*)

В образцах пряников содержание сукралозы соответствует заявленному содержанию. Содержание сукралозы в пряничной массе ниже, но следует учитывать, что пряничная масса содержит больше влаги; при расчетах необходимо делать поправку на присутствие дополнительной воды в образце.

В процессе распада сукралозы возможно образование потенциально опасных соединений, (например, полихлорированных ароматических углеводородов). Поэтому вопросам сохранения стабильности сукралозы и причинам потери стабильности (влияние pH, температура и время выпечки, параметры хранения продукции) было уделено особое внимание при анализе хроматограмм.

Разложение сукралозы при изготовлении теста составило 0,1 %, в процессе выпечки – 2,6 %, при хранении в течение 120 суток – 6,7 % (от загруженного продукта).

Гликемический индекс 15%-го раствора сукралозы в глицерине равен нулю, а сладость в 100 раз выше сахара, что используется в ходе технологических расчетов при осуществлении замены сахара в составе кондитерских изделий, выпечки и других продуктов.

Хроматограммы стандартного образца в сравнении с опытными свидетельствуют об отсутствии существенных (более ошибки анализа) пиков продуктов разрушения сукралозы в области исследуемых параметров высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Заключение

В результате изучения влияния различных подсластителей на цвет, вкус и аромат пряников установлено, что оптимальный профиль сладости имели образцы с добавлением сукралозы (0,05 %). Пряники с добавлением стевиозида (0,1 %) имели отчетливый горький привкус, а натрия сахарината (0,05 %) – длительное послевкусие. Предложено в качестве заменителя сахара использовать сукралозу в виде 15%-го раствора в глицерине.

В ходе проведенных лабораторных и опытно-промышленных экспериментов по разработке состава и технологии производства пряников с пониженным на 25 % содержанием сахара доказана возможность снижения концентрации сахара на 25 % при практически неизменной калорийности и стоимости (соответственно на 2 и 1,3 %).

Оценка качества опытных образцов продукции показала, что пряники с пониженным на 25 % содержанием сахара соответствуют требованиям ГОСТ 15810-2014 за исключением соответствующего показателя по содержанию сахара, что обусловлено изменением рецептуры пряников.

Полученные в процессе изучения данные свидетельствуют о том, что опытные образцы пряников с пониженным на 25 % содержанием сахара сохраняют все показатели, установленные ГОСТом для их хранения в течение 90 суток без статистически значимых изменений. Разложение сукралозы при изготовлении теста составило 0,1 %, в ходе выпечки – 2,6 %, при хранении в течение 120 суток – 6,7 % (от загруженного продукта).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Воробьева В. М., Воробьева И. С., Кочеткова А. А., Шарафетдинов Х. Х. и др. Модификация углеводного состава кондитерских изделий для больных сахарным диабетом 2-го типа // Вопросы питания. 2014. Т. 83, № 6. С. 66–73.
- Кочеткова А. А., Воробьева И. С., Воробьева В. М., Шарафетдинов Х. Х. и др. Специализированные пищевые продукты с модифицированным углеводным профилем для диетической коррекции рациона больных сахарным диабетом 2-го типа // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 6. С. 76–88. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10069.
- Питание и здоровье в Европе: новая основа для действий / A. Robertson, Cr. Tirado, T. Lobstein, M. Jermini [et al.]. 2005. Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия № 96. 505 с. URL : <https://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/food-and-health-in-europe-a-new-basis-for-action>.
- Резниченко И. Ю., Щеглов М. С. Сахарозаменители и подсластители в технологии кондитерских изделий // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 4. С. 576–587. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-576-587>.
- Савенкова Т. В., Солдатова Е. А., Киселева Т. Л., Глазкова И. В. и др. Роль пищевой промышленности в диетической терапии населения. Специализированные кондитерские изделия диабетического питания // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 6. С. 107–115.
- Тейтельбаум Д., Фидлер К. Без сахара. Научно обоснованная и проверенная программа избавления от сахара в своем рационе. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016. 240 с.
- Филимонова А. В., Гаврилов А. С., Зуева О. Н. Современные тенденции конструирования композиций с функциональными свойствами // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 5(40). С. 43–52.

- Bannach G., Almeida R. R., Lacerda L. G., Schnitzler E. [et al.]. Thermal stability and thermal decomposition of sucralose // *Eclética Química*. 2009. Vol. 34, Iss. 4. P. 21–26.
- Clemens R. A., Jones J. M., Kern M., Lee S.-Y. [et al.]. Functionality of sugars in foods and health // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. Vol. 15, Iss. 3. P. 433–470. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194>.
- González C., Tapia M., Pérez E., Pallet D. [et al.]. Main properties of steviol glycosides and their potential in the food industry: A review // *Fruits*. 2014. Vol. 69, Iss. 2. P. 127–141. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2014003>.
- Medina D. A. V., Ferreira A. P. G., Cavalheiro E. T. G. Thermal investigation on polymorphism in sodium saccharine // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2014. Vol. 117. P. 361–367. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-014-3733-3>.
- Nagai T., Kai N., Tanoue Y., Suzuki N. Chemical properties of commercially available honey species and the functional properties of caramelization and Maillard reaction products derived from these honey species // *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 55, Iss. 2. P. 586–597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2968-y>.
- Palzer S. Technological solutions for reducing impact and content of health sensitive nutrients in food // *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 62. P. 170–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.022>.
- Sami W., Ansari T., Butt N. S., Ab Hamid M. R. Effect of diet on type 2 diabetes mellitus: A review // *International Journal of Health Sciences*. 2017. Vol. 11, Iss. 2. P. 65–71.

References

- Vorob'eva, V. M., Vorob'eva, I. S., Kochetkova, A. A., Sharafetdinov, Kh. Kh. et al. 2014. Modification of the carbohydrate composition of confectionery products for patients with type 2 diabetes mellitus. *Voprosy pitaniya*, 83(6), pp. 66–73. (In Russ.)
- Kochetkova, A. A., Vorob'eva, I. S., Vorob'eva, V. M., Sharafetdinov, Kh. Kh. et al. 2018. Specialized food products with a modified carbohydrate profile for dietary correction of the diet of patients with type 2 diabetes mellitus. *Voprosy pitaniya*, 87(6), pp. 76–88. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10069. (In Russ.)
- Nutrition and health in Europe: A new framework for action. 2005. Eds. A. Robertson, Cr. Tirado, T. Lobstein, M. Jermini et al. WHO regional publications. European series N 96. URL : <https://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/food-and-health-in-europe-a-new-basis-for-action>. (In Russ.)
- Reznichenko, I. Yu., Shcheglov, M. S. 2020. Sugar substitutes and sweeteners in confectionery technology. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 50(4), pp. 576–587. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-576-587>. (In Russ.)
- Savenkova, T. V., Soldatova, E. A., Kiseleva, T. L., Glazkova, I. V. et al. 2015. The role of the food industry in the dietary therapy of the population. Specialized confectionery for diabetic nutrition. *Voprosy pitaniya*, 84(6), pp. 107–115. (In Russ.)
- Teitelbaum, D., Fidler, K. 2016. Without sugar. Scientifically substantiated and proven program to get rid of sugar in one's diet. Moscow. (In Russ.)
- Filimonova, A. V., Gavrilov, A. S., Zueva, O. N. 2016. Modern trends in the design of compositions with functional properties. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*, 5(40), pp. 43–52. (In Russ.)
- Bannach, G., Almeida, R. R., Lacerda, L. G., Schnitzler, E. et al. 2009. Thermal stability and thermal decomposition of sucralose. *Eclética Química*, 34(4), pp. 21–26.
- Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S.-Y. et al. 2016. Functionality of sugars in foods and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), pp. 433–470. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194>.
- González, C., Tapia, M., Pérez, E., Pallet, D. et al. 2014. Main properties of steviol glycosides and their potential in the food industry: A review. *Fruits*, 69(2), pp. 127–141. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2014003>.
- Medina, D. A. V., Ferreira, A. P. G., Cavalheiro, E. T. G. 2014. Thermal investigation on polymorphism in sodium saccharine. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 117, pp. 361–367. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-014-3733-3>.
- Nagai, T., Kai, N., Tanoue, Y., Suzuki, N. 2018. Chemical properties of commercially available honey species and the functional properties of caramelization and Maillard reaction products derived from these honey species. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), pp. 586–597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2968-y>.
- Palzer, S. 2017. Technological solutions for reducing impact and content of health sensitive nutrients in food. *Trends in Food Science & Technology*, 62, pp. 170–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.022>.
- Sami, W., Ansari, T., Butt, N. S., Ab Hamid, M. R. 2017. Effect of diet on type 2 diabetes mellitus: A review. *International Journal of Health Sciences*, 11(2), pp. 65–71.

Сведения об авторах

Тумашов Андрей Артурович – ул. С. Ковалевской, 22, г. Екатеринбург, Россия, 620100; Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН, канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник; e-mail: andreytum@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9383-2006>

Andrey A. Tumashov – 22 S. Kovalevskoi Str., Ekaterinburg, Russia, 620100; The Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of RAS, Cand. Sci. (Chemistry), Senior Researcher; e-mail: andreytum@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9383-2006>

Гаврилов Андрей Станиславович – ул. Репина, 3, г. Екатеринбург, Россия, 620028; Уральский государственный медицинский университет, д-р фарм. наук, профессор; e-mail: gavrilov.usma@mail.ru

Andrey S. Gavrilov – 3 Repina Str., Ekaterinburg, Russia, 620028; Ural State Medical University, Dr Sci. (Pharmacology), Professor; e-mail: gavrilov.usma@mail.ru

Чугунова Ольга Викторовна – ул. 8 Марта, 62, г. Екатеринбург, Россия, 620144; Уральский государственный экономический университет, д-р техн. наук; e-mail: chugun.ova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Olga V. Chugunova – 62, 8 Marta Str., Ekaterinburg, Russia, 620144; Ural State University of Economics, Dr Sci. (Engineering); e-mail: chugun.ova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Булдыгина Олеся Юрьевна – ул. Репина, 3, г. Екатеринбург, Россия, 620028; ООО "Березовский Хлеб", директор; e-mail: gavrilov.usma@mail.ru

Olesya Yu. Bulygina – 3 Repina Str., Ekaterinburg, Russia, 620028; LLC "Berezhovsky Bakery", director; e-mail: gavrilov.usma@mail.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ

Список нормативных документов, используемых в статье

ГОСТ 15810-96	Изделия кондитерские пряничные Общие технические условия. М., 2008. 8 с.
ГОСТ 15810-2014	Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия. М., 2015. 11 с.
ГОСТ 26574-2017	Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М., 2018. 16 с.
ГОСТ 32189-2013	Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля. М., 2014. 40 с.
ГОСТ 33222-2015	Сахар белый. Технические условия. М., 2019. 20 с.
ГОСТ 5900-2014	Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. М., 2015. 13 с.
ГОСТ 6824-96	Глицерин дистиллированный. Общие технические условия. М., 1997. 20 с.
ГОСТ Р 53041-2008	Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения. М., 2019. 16 с.
ГОСТ Р 58144-2018	Вода дистиллированная. Технические условия. М., 2018. 11 с.
Патент РФ № 2625586	Способ производства глазированных сырцовых пряников. Исаева Т. А., Сокол Т. В. Патентообладатель: ФГБОУ ВПО "Кубанский государственный аграрный университет"; № 2016110243/13; заявл. 21.03.2016, опубл. 17.07.2017, Бюлл. № 20. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 17.07.2017 г.
Патент РФ № 2648460	Жидкое подслащающее средство. Гаврилов А. С., Турыгина А. О. Патентообладатель: ФГБОУ ВПО "Уральский государственный медицинский университет"; № 2016126829; заявл. 04.07.2016, опубл. 26.03.2018, Бюлл. № 2. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 26.03.2018 г.
Патент РФ № 2294643	Диетический пряник и способ его производства (варианты). Галенко П. Н. Патентообладатель: Открытое акционерное общество "ГАЛАН". № 2004122568/13; заявл. 26.07.2004, опубл. 10.03.2007, Бюлл. № 2. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10.03.2007 г.
Патент РФ № 2711961	Сахарное печенье на растительных маслах. Васькина В. А., Еркин М. И., Бабаева Д. С. и др. Патентообладатель: Васькина Валентина Андреевна. № 2019117708; заявл. 06.06.2019, опубл. 23.01.2020, Бюлл. № 3. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 23.01.2020 г.
Патент РФ № 2729400	Способ производства пряников на патоке. Плотникова И. В., Магомедов Г. О., Мазанова Е. В. и др. Патентообладатель: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий"; № 2019122653; заявл. 18.07.2019, опубл. 06.08.2020, Бюлл. № 22. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 06.08.2020 г.
ТР ТС 022/2012	Пищевая продукция в части ее маркировки. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/902320347 .
ТР ТС 029/2012	Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/902359401 .
ТУ 9197-001-05150170-16	Столовые подсластители "Сластeya". Утв. 08.06.2016. Производитель ООО "Инноватор".