

УДК: 664.681.1:574.64

Моделирование состава овсяного печенья на основе натуральных сахарозаменителей

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова»

М. Е. Ткешелашвили, Г. А. Бобожонова, И. Б. Леонова

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Ткешелашвили Манана Емельяновна

Адрес: 117997, г. Москва,

Стремянный переулок, д. 36

E-mail: mananatk@yandex.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования

доступны по запросу

у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ткешелашвили, М. Е., Бобожонова, Г. А.,

& Леонова, И. Б. (2022). Моделирова-

ние состава овсяного печенья на ос-

нове натуральных сахарозаменителей.

Хранение и переработка сельхозсырья,

(4), 128–141. [https://doi.org/10.36107/](https://doi.org/10.36107/spfp.2022.314)

spfp.2022.314

ПОСТУПИЛА: 11.04.2022

ПРИНЯТА: 03.10.2022

ОПУБЛИКОВАНА: 14.10.2022

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии

конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение. Проблема потребления избыточного количества сахара в мире за последние годы становится все более актуальной. Потребление сахара выше нормы может привести к серьезным заболеваниям таким, как сахарный диабет и ожирение. Значительный вклад в данную проблему вносят кондитерские изделия. Входящие в рецептуру традиционных кондитерских изделий углеводы имеют высокий гликемический индекс. Моделирование ингредиентного состава кондитерских изделий путем замены сахара, традиционно используемого в рецептуре кондитерских изделий, другими ингредиентами должна способствовать снижению гликемического индекса этих продуктов.

Цель настоящего исследования – разработка рецептурного состава и технологии мучного кондитерского изделия в виде овсяного печенья на основе натуральных сахарозаменителей.

Материалы и методы. Объектами исследования в работе являлись: контрольный образец овсяного печенья – прототип разрабатываемого продукта на основе сахара; опытные образцы овсяного печенья – продукты на основе натуральных сахарозаменителей. Моделировали состав печенья, исключая сахар, и внося ингредиенты, не вызывающие гипергликемический эффект, – сахарозаменитель изомальт или трегалозу и подсластитель стевииозид.

Результаты. Органолептические и физико-химические показатели разработанного печенья определяли стандартными методами. Представлены результаты по биотестированию овсяного печенья с сахаром и сахарозаменителями, позволяющие выявить влияние нового продукта на живую клетку тест-культуры *Tetrahymena pyriformis*.

Выводы. Установлено, что разработанное овсяное печенье на основе натуральных сахарозаменителей, является безопасным для тест-культуры, так как положительно влияет на показатели роста, жизнедеятельность и развитие живой клетки по поколениям инфузорий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

кондитерские изделия, овсяное печенье, трегалоза, изомальт, стевииозид, биотестирование, инфузории *Tetrahymena pyriformis*

Modeling the Composition of Oat Biscuit Based on Natural Sugar Substitutes

Plekhanov Russian University
of Economics

CORRESPONDENCE:

Manana E. Tkeshelashvili
36, Stremyanny lane, Moscow,
117997, Russian Federation
E-mail: mananatk@yandex.ru

FOR CITATIONS:

Tkeshelashvili, M. E., Bobozhonova, G. A.,
& Leonova I. B. (2022). Modeling the
Composition of Oat Biscuit Based on
Natural Sugar Substitutes. *Storage and
processing of Farm Products*, (4), 128–141.
<https://doi.org/10.36107/spfp.2022.314>

RECEIVED: 11.04.2022

ACCEPTED: 03.10.2022

PUBLISHED: 14.10.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



Manana E. Tkeshelashvili, Galina A. Bobozhonova, Irina B. Leonova

ABSTRACT

Background. The problem of consumption of excess sugar in the world in recent years has become increasingly relevant. Eating too much sugar can lead to serious health problems such as diabetes and obesity. Confectionery products make a significant contribution to this problem. The carbohydrates included in the recipe of traditional confectionery products have a high glycemic index. Modeling the ingredient composition of confectionery products by replacing the sugar traditionally used in the recipe of confectionery products with other ingredients should help reduce the glycemic index of these products.

Purpose. The purpose of this study is to develop a recipe composition and technology for a flour confectionery product in the form of oatmeal cookies based on natural sweeteners.

Materials and methods. The objects of study in the work were: a control sample of oatmeal cookies – a prototype of the developed product based on sugar; prototypes of oatmeal cookies – products based on natural sweeteners. The composition of cookies was modeled, excluding sugar, and adding ingredients that do not cause a hyperglycemic effect – the sweetener isomalt or trehalose and the sweetener stevioside.

Results. The organoleptic and physicochemical parameters of the developed cookies were determined by standard methods. The results of biotesting of oatmeal cookies with sugar and sweeteners are presented, which make it possible to reveal the effect of the new product on the living cell of the *Tetrahymena pyriformis* test culture.

Conclusions. It has been established that the developed oatmeal cookies based on natural sweeteners are safe for the test culture, as they have a positive effect on growth rates, vital activity and development of a living cell by generations of ciliates.

KEYWORDS

confectionery, oatmeal cookies, trehalose, isomalt, stevioside, biotesting, ciliates *Tetrahymena pyriformis*

ВВЕДЕНИЕ

Проблема потребления избыточного количества сахара в мире за последние годы становится все более актуальной. Потребление сахара выше нормы может привести к серьезным заболеваниям таким, как сахарный диабет, ожирение и связанные с ним сопутствующие заболевания (Clemens et al., 2016), кариес зубов.

Сахарный диабет занимает третье место среди причин смерти после сердечно-сосудистых заболеваний и онкологии. Количество таких больных увеличивается и «по прогнозу ВОЗ к 2030 году может составить до 400 млн. человек» (Палаткин, 2017)

Существенный вклад в указанную проблему вносят кондитерские изделия. Наиболее перспективное направление решения обозначенной ситуации — это замена сахара в рецептуре кондитерских изделий на другие ингредиенты.

Входящие в рецептуру традиционных кондитерских изделий углеводы в чистом виде: глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза или в составе используемых ингредиентов, имеют высокий гликемический индекс. Моделирование ингредиентного состава кондитерских изделий путем замены сахара должна способствовать снижению гликемического индекса этих продуктов. (Воробьева и соавт., 2014).

Установлено, что потребление мучного кондитерского изделия с моделированным углеводным составом сопровождалось менее выраженной постприандиальной гликемической реакцией по сравнению с таковой при стандартной пищевой нагрузке, содержащей 25 г усвояемых углеводов (Шарафетдинов и соавт., 2015). Полученные данные согласуются с результатами исследований, свидетельствующими, что потребление специализированных пищевых продуктов, характеризующихся смоделированным углеводным составом, сопровождается существенно меньшим повышением глюкозы в крови по сравнению с пищевой нагрузкой, содержащей стандартизированное количество углеводов (Шарафетдинов и соавт., 2015). Практический интерес при разработке рецептур кондитерских изделий со сниженным гликемическим индексом представляют сахарозаменители по своим физико-химическим и технологическим свойствам приближенные к сахарозе, а также не ока-

зывающие негативного влияния на реологические, физико-химические и органолептические свойства готового продукта. (Савенкова и соавт., 2017).

Целью настоящего исследования стала разработка рецептурного состава и технологии мучного кондитерского изделия в виде овсяного печенья на основе натуральных сахарозаменителей, и оценка безопасности разработанного продукта биотестированием. Для реализации поставленной цели решались следующие задачи: (1) осуществить моделирование состава овсяного печенья на основе натуральных сахарозаменителей с сохранением традиционных вкусовых свойств; (2) провести оценку качества овсяного печенья на основе натуральных сахарозаменителей по органолептическим и физико-химическим показателям; (3) изучить возможность использования биотестирования овсяного печенья с сахаром и сахарозаменителями на инфузориях *Tetrahymena pyriformis*, что позволило бы определить степень информативности биотестового метода и целесообразность его практического применения.

Теоретическое обоснование

Изомальт в моделировании углеводного состава

Изомальт (изомальтит) получают в результате двухступенчатого процесса переработки сахарной свеклы: путем ферментативной обработки сахарозы в изомальтулозу (палатинозу) с последующим каталитическим гидрированием. Изомальт менее растворим в воде, чем сахароза, более термостойчив, имеет низкую гигроскопичность, устойчив к ферментативному и кислотному гидролизу. Изомальт имеет калорийность и коэффициент сладости ниже, чем у сахарозы, не вызывает значительного подъема уровня глюкозы в крови, для его усвоения не требуется инсулин, что позволяет использовать его как ингредиент для приготовления диетических пищевых продуктов с пониженной калорийностью и диабетических продуктов (Воробьева и соавт., 2014)

Рассмотрена теоретическая возможность и практическая целесообразность использования изомальта вместо сахара при приготовлении шоколада (Казарян и соавт., 2019), зефира (Макогонова и соавт., 2016), жевательных конфет (Куракина и соавт.,

2015), леденцовой карамели (Швецова & Пищиков, 2016) и сахарного печенья¹ (Иванова, 2014), что позволило получить кондитерские изделия с пониженным гликемическим индексом и энергетической ценностью.

Трегалоза в моделировании углеводного состава

Трегалоза — природный дисахарид построен из двух молекул D-глюкозы. Трегалоза широко распространена в природе и встречается в самых разнообразных организмах, от бактерий до беспозвоночных. Наибольшее количество трегалозы сосредоточено в спорах мицелиальных грибов и в дрожжах. Крупномасштабное промышленное получение этого дисахарида осуществляется биотехнологическими методами, основанными на ферментативных превращениях крахмала (Феофилова и соавт., 2014).

Трегалоза характеризуется очень низкой гигроскопичностью и высокой температурой стеклования, благодаря чему у пищевых продуктов с трегалозой повышается стабильность вкуса и аромата, цвета и содержания влаги, также увеличивается срок годности (Митчелл, 2010). Трегалоза поддерживает уровень глюкозы в крови так же эффективно, как и изделия с добавленной глюкозой, причем инсулиновый отклик плазмы крови при этом ниже. Трегалоза не токсична, хорошо переносится даже в высоких дозах. В ротовой полости трегалоза слабо ферментируется, благодаря чему ее можно включать в состав кондитерских изделий, безопасных для здоровья зубов (Митчелл, 2010). В мучных кондитерских изделиях трегалоза препятствует ретроградации крахмала намного эффективнее, чем другие сахара, повышая тем самым стабильность изделий и задерживая их черствение, что показано при разработке кекса на основе данного сахарозаменителя (Ткешелашвили и соавт., 2019).

Трегалоза, так же, как и изомальт, обеспечивает чистую сладость, по интенсивности примерно в два раза меньшую сладости сахарозы, что обуславливает необходимость применения в рецептуре разрабатываемого продукта натурального (природного) подслащивающего вещества. Одним из ингредиентов который позволяет обеспечить вкусовой профиль, характерный для сахарозы является стевииозид.

Стевиозид для стабилизации вкусового профиля

Стевиозид — гликозид из экстракта растения стевии, с усредненным коэффициентом сладости 300 и не содержит калорий. Стевиозид пригоден для использования в качестве подсластителя во всех пищевых продуктах, поскольку он высокоустойчив к нагреванию и действию кислот, не ферментируется, не желтеет при нагревании (Полянский и соавт., 2005). Стевиозид имеет ряд преимуществ перед синтетическими подсластителями, поскольку наряду с удовлетворительным интенсивным сладким вкусом, обладает полезными терапевтическими свойствами. Клинически доказано, что гликозиды стевии проявляют антиаллергизирующее, сахароснижающее, гипотензивное, противомикробное, общетонизирующее действие. Установлено, что применение стевииозида не оказывает влияния на уровень глюкозы в крови, снижает уровень триглицеридов (Кох и соавт., 2015; Кочетов & Синявина, 2021).

Гликозиды стевии используют в технологиях производства диетических напитков, чаев, йогуртов, маринадов, морепродуктов, мороженого. Они также являются составной частью зубных паст, жидкостей для полоскания рта и жевательной резинки (Кочетов & Синявина, 2021). Обосновано использование стевииозида для замены сахара в производстве булочных изделий (Потороко & Паймулина, 2015), желеино-фруктового мармелада (Харламова и соавт., 2013), песочного печенья (Рущиц, 2015), что позволило получить продукты, предназначенные для людей, ведущих активный и здоровый образ жизни, стремящихся контролировать свой вес и доступные для людей больных сахарным диабетом.

Обоснование исследования

Создание кондитерских изделий нового поколения с моделированным углеводным составом своевременно, актуально, направлено на повышение качества жизни населения и снижение потерь от социально значимого заболевания сахарного диабета. Неизменным фаворитом на рынке кондитерских изделий является печенье, чей широкий ассортимент и достаточно низкая себестоимость являются аргументами при обосновании данной группы

¹ Иванова, Ю. В. (2014). РФ Патент № 2528463. *Печенье*. М.: ООО «Авангард».

в качестве разработки продукта на основе натуральных сахарозаменителей (Савенкова и соавт., 2017). В данном исследовании рассматривается овсяное печенье. Это связано с трендом здорового питания, который набирает среди потребителей все большую популярность, что увеличивает интерес потребителей и производителей к овсяному печенью, как к продукту профилактического назначения (Пушкарева и соавт., 2017).

Для контроля качества новой продукции актуальной является разработка методических подходов, простых и эффективных методов анализа, позволяющих дать оценку безопасности как самих сахарозаменителей, так и разнообразных продуктов на их основе.

Одним из косвенных методов определения комплексного воздействия чего — либо на человека является исследование методом биотестирования с использованием живых организмов — высших животных или альтернативных моделей, в том числе простейших.

Биотестирование (биологическая оценка) продовольственного сырья и продуктов питания занимает, наряду с другими методами исследований (физико-химические, биохимические, микробиологические), одно из важнейших мест, так как позволяет выявить влияние изучаемых объектов на живой организм и определить возможные неблагоприятные последствия их применения. Биотестирование позволяет выявить действие пищевых и непищевых компонентов в их взаимосвязи и взаимозависимости и получить интегральное выражение этого воздействия в виде реакции живого организма. (Долгов и соавт., 2017).

Биотестирование — это процедура установления токсичности среды с помощью живых объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения важных функций. Для оценки длительного воздействия малых концентраций действующих веществ тест-реакцией может служить гибель экспериментальных популяций монокультур за заданный период времени, изменение подвижности, скорость размножения и гибель организмов.

Проведенные исследования по изучению степени адекватности биотестов различным объектам ис-

следований показали, что наиболее универсальными тест-организмами являются простейшие (инфузории тетрахимены, парамеции, стилонихии), которые отличаются высокой чувствительностью к широкому кругу токсикантов (Долгов и соавт., 2017).

Среди тест-организмов, применяемых при биотестировании, инфузории занимают значительное место. Они являются весьма удобными объектами для исследований, а полученные результаты имеют высокий коэффициент корреляции с данными подобных исследований на мышах, крысах, кроликах и других животных (Черемных и соавт., 2011; Богдан и соавт., 2013; Долгов и соавт., 2014).

К наиболее перспективным среди изученных тест-организмов, относятся инфузории *Tetrahymena pyriformis*, что объясняется сходством основных этапов обмена веществ этих простейших с высшими животными. Применение методов биологического тестирования с использованием инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в сочетании с химико-аналитическими методами дает возможность более полной и достоверной оценки качества и безопасности продуктов питания, кормов, а также различных объектов окружающей среды (воды, воздуха, почвы, полимерных и строительных материалов и др.), что имеет как научное, так и практическое значение (Долгов и соавт., 2014).

Биотестирование на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* кулинарных продуктов, обогащенных белком различных рыб Тихоокеанского бассейна, позволило провести их сравнительную характеристику по показателю биологической ценности (Карпенко & Кращенко, 2019). В результате биотестирования сделан вывод о степени загрязнения вьетнамского риса химическими токсикантами (Черемных & Май Тху, 2011), выявлены режимы термообработки, обеспечивающие наибольшую сохранность антиоксидантной активности коровьего молока (Щербакова и соавт., 2020).

Установлено, что метод биотестирования на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* может быть использован для проведения сравнительной оценки качества осветленного восстановленного яблочного сока промышленного изготовления (Леонова & Бабанина, 2019), для исследования безопасности и биологической ценности сухого концентрата тре-

панга (Богданов и соавт., 2016), при биологической оценке мёда, подвергнутого воздействию различных факторов внешней среды (хранению, нагреванию, фальсификации), а также продуктов пчеловодства (пыльцы, перги) (Долгов и соавт., 2016).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследования

Объекты исследования в работе: контрольный образец овсяного печенья — прототип разрабатываемого продукта на основе сахара; опытные образцы овсяного печенья — продукты на основе натуральных сахарозаменителей.

Материалы

Для приготовления образцов печенья использовали муку овсяную (ООО ТД «Эндакси», Россия); муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (АО «Макфа»), сахар белый кристаллический категории ТС2 свекловичный (ООО «ПТО «Основа»), ванилин кристаллический (ООО «Проммикс»); масло сладко сливочное традиционное несоленое высшего сорта (ООО «Лав Продукт»), яичный порошок (ООО «Агроснаб»); разрыхлитель теста (ЗАО «Dr. Oetker»), соль пищевую (ОАО «Мозырьсоль»).

В качестве заменителя сахара в рецептуре опытных образцов печенья использовали трегалозу (ООО «Пищепромсырье») — легкосыпучий порошок белого цвета; изомальт (Cargill, Inc., США) — белое кристаллическое вещество без запаха, с чистым сладким вкусом и малой гигроскопичностью; стевиозид (ООО «Экотопия») — порошок белого цвета без запаха, с характерным сладковатым вкусом, коэффициент сладости составляет 250 единиц.

Методы

Определение органолептических и физико-химических показателей

Органолептические показатели качества в соответствии с требованиями ГОСТ 24901–2014² определяли путем контроля пробы изделий. Щелочность определяли титрованием фильтрата продукта раствором серной кислоты в присутствии бромтимолового синего до появления желтой окраски по ГОСТ 5898–87³; влажность — высушиванием навески продукта при температуре 130 °С и вычислении потери массы по отношению к массе анализируемой пробы до высушивания по ГОСТ 5900–2014⁴, намокаемость — по отношению массы изделия после намокания к массе сухого изделия по ГОСТ 10114–80⁵, плотность — по отношению массы изделия к его объему.

Биотестирование

В работе применяли методический подход, который заключался в тестировании различных концентраций испытуемых продуктов в водной среде и определении влияния на выживаемость и рост инфузорий.

Биотестирование печенья проводилось с использованием инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Культуру выращивали стандартным методом на стерильной базовой пептонно-дрожжевой питательной среде, которую готовили с использованием дистиллированной воды и содержащую (в %): 0,5 глюкозы, 2 пептона бактериологического, 0,1 дрожжевого экстракта и 0,1 морской соли. Культивирование инфузорий осуществляли в хладотермостате при температуре (20 ± 1 °С) путем пересева бактериологической петлей на свежую среду через каждые 4 суток.

К 2 мл среды с культурой добавляли печенье в количестве 0,04 г, которое было определено предварительным исследованием как оптимальное. Изучали состояние культуры через различные периоды времени контакта с продуктом от 24 до 48 часов. Для оценки использована 5-балловая шкала (Табли-

² ГОСТ 24901–2014. (2014). *Печенье. Общие технические условия*. М.: Стандартинформ.

³ ГОСТ 5898–87. (2012). *Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности*. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 5900–2014. (2014). *Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 10114–80. (2012). *Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости*. М.: Стандартинформ.

Таблица 1

Балловая оценка *Tetrahymena pyriformis*

Оценка	Характеристика
5 баллов	Состояние культуры соответствует стандартным характеристикам, когда все клетки подвижны, движение раз- меренное, интенсивное
4 балла	Состояние культуры, в которой отдельные клетки отличаются пониженной активностью или неподвижны, име- ют нехарактерное движение – вращательно-поступательное, круговое или вращение вокруг своей оси
3 балла	Состояние культуры, когда 10–30 % клеток инфузорий отличаются пониженной активностью или неподвижны, имеют нехарактерное движение – вращательно-поступательное, круговое или вращение вокруг своей оси
2 балла	Состояние культуры, когда 40–50 % клеток инфузорий отличаются пониженной активностью или неподвижны, имеют нехарактерное движение – вращательно-поступательное, круговое или вращение вокруг своей оси
1 балл	Состояние культуры, когда более 60 % клеток инфузорий отличаются пониженной активностью или неподвиж- ны, имеют нехарактерное движение – вращательно-поступательное, круговое или вращение вокруг своей оси
0 баллов	Состояние культуры, когда клетки неподвижны, что означает их гибель

ца 1), которая является одним из способов оцен- ки качественного состояния инфузорий с учетом их поведенческих характеристик. Максимальному количеству баллов соответствовало традиционное поведение инфузорий, без отклонений. Снижение баллов происходило соответственно с интенсивно- стью снижения активности, скорости и характера движения. Минимальное количество баллов соот- ветствовало полной гибели инфузорий. Наблюдения за инфузориями проводили при 100^x увеличении.

Для определения количества инфузорий проводи- ли подсчет клеток через 48 часов культивирова- ния в большом квадрате камеры Фукса-Розенталя. Культуру в среде перемешивали для получения од- нородной взвеси и пипеткой отбирали в отдельную емкость 1 см³ культуры, куда добавляли 10 мкл рас- твора йода для гибели простейших. Через 2 минуты содержимое перемешивали и вносили суспензию в счетную камеру. При 100-кратном увеличении производили подсчет клеток инфузорий в 16 боль- ших квадратах. Все исследования проводили в трех повторностях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка овсяного печенья с моделированным углеводным составом

Для определения влияния выбранных ингредиен- тов на качество готового продукта разработаны рецептуры и выработаны контрольный образец овсяного печенья с сахаром и опытные образцы

овсяного печенья на основе натуральных сахароза- менителей (Таблица 2).

При разработке рецептур осуществлено целена- правленное моделирование ингредиентного соста- ва овсяного печенья за счет 100%-ной замены са- хара на натуральные сахарозаменители трегалозу или изомальт, что будет способствовать снижению гликемического индекса этого изделия.

Таблица 2

Разработанная рецептура овсяного печенья

Наименование компонента	Расход сырья на 1 т изделия, кг		
	Кон- трольный образец (прототип)	Опытный- образец №1 (с тре- галозой)	Опытный- образец №2 (с изо- мальтом)
Мука овсяная	282,42	282,28	282,88
Мука пшеничная в/с	197,69	197,59	198,02
Яичный порошок	169,92	163,59	160,36
Сахар	197,69	–	–
Трегалоза	–	197,59	–
Стевиозид	–	2,12	1,13
Изомальт	–	–	198,02
Разрыхлитель	8,92	8,91	8,93
Сливочное масло	282,42	282,28	282,88
Ванилин кристалли- ческий	0,71	0,71	0,71
Соль поваренная пищевая	0,71	0,71	0,71
Итого	1140,47	1135,77	1133,65
Выход	1000,00	1000,00	1000,00

Общеизвестно, что овсяная мука является источником сбалансированного растительного белка, липидов, витаминов группы В, РР, Е, минеральных веществ и растворимой клетчатки. Однако наличие пшеничной муки разных сортов, уступающей овсяному сырью по пищевой ценности, в рецептуре овсяного печенья, доступного для потребителя, колеблется в широких диапазонах (86 % и более от общей массы муки), что может снижать пользу овсяных компонентов для здоровья человека (Чанов и соавт., 2019). Анализ рецептуры разработанного овсяного печенья показал, что из применяемого сырья злаковых культур, мука овсяная количественно превалирует (в 1,5 раза) над пшеничной мукой (Таблица 2).

Классическая технология производства овсяного печенья неэффективна при замене сахара на сахарозаменители, так как не происходит взбивания масла с сахарозаменителями. Поэтому далее исследования были направлены на оптимизацию технологии овсяного печенья с моделированным углеводным составом. При изготовлении печенья одним из основных полуфабрикатов, определяющих качество печенья, является эмульсия. В результате разработана технология приготовления эмульсии, имеющей высокую стойкость и стабильность, что позволяет получить тесто с требуемыми реологическими характеристиками, обеспечивающая равномерность распределения входящих в рецептурный состав компонентов, образование однородной структуры теста и готового овсяного печенья.

Технологическая схема приготовления печенья на основе натуральных сахарозаменителей предусматривает смешивание трегалозы/изомальта и стевиозида с горячей водой для обеспечения растворения кристаллов сахарозаменителей в течение

2–3 минут, последующее добавление яичного порошка и пластифицированного сливочного масла, перемешивание полученной эмульсии в течение 1,5–2 мин. Внесение в готовую эмульсию предварительно заваренной овсяной муки (горячей водой температурой 90–95 °С), соли, и перемешивание смеси в течение 2–4 мин. Затем вносится мука пшеничная с химическим разрыхлителем и ванилином. Тесто перемешивается до готовности. Для образования однородной пластичной, не мажущейся структуры готовых изделий, тесто подвергали вылежке в течение 30 мин в холодильнике. После вылежки тесто приобретало пластичную не мажущуюся консистенцию, легко формовалось. Печенье выпекали при температуре 180 °С в течение 10 мин на сахаре и 13 мин на трегалозе и изомальте, после охлаждения изделий провели оценку по органолептическим и физико-химическим показателям.

Оценка качества овсяного печенья с моделированным углеводным составом

Опытные образцы печенья на основе сахарозаменителей обладали приятным вкусом и запахом, имели равномерную, хорошо развитую пористость. По сравнению с контрольным образцом изделия на трегалозе и изомальте имели меньшее значение плотности на 9–12 %, в результате чего имели более хрупкую структуру.

При определении щелочности в исследуемых образцах печенья установлено, что ее значение практически не изменяется при замене сахара трегалозой или изомальтом (Рисунок 1). Намокаемость и влажность печенья, приготовленного на сахарозаменителях, по сравнению с контролем увеличились (Рисунок 2, 3), что обусловлено присутствием

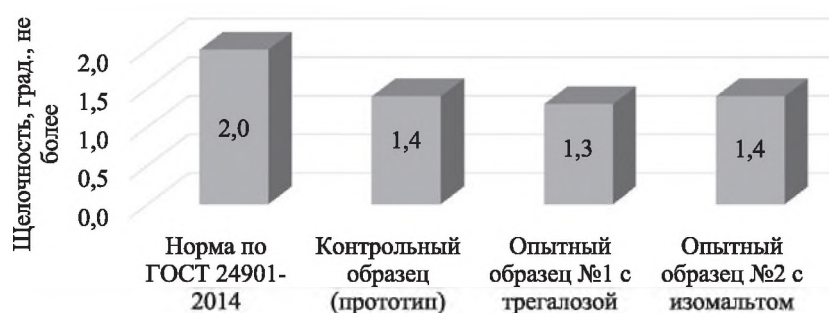


Рисунок 1
Щелочность разработанного овсяного печенья

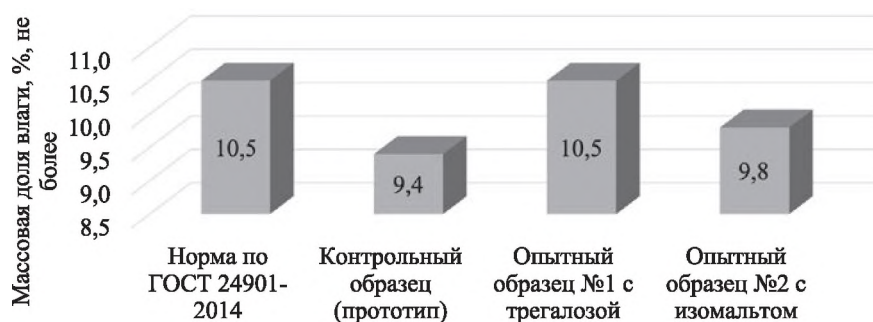


Рисунок 2

Массовая доля влаги разработанного овсяного печенья

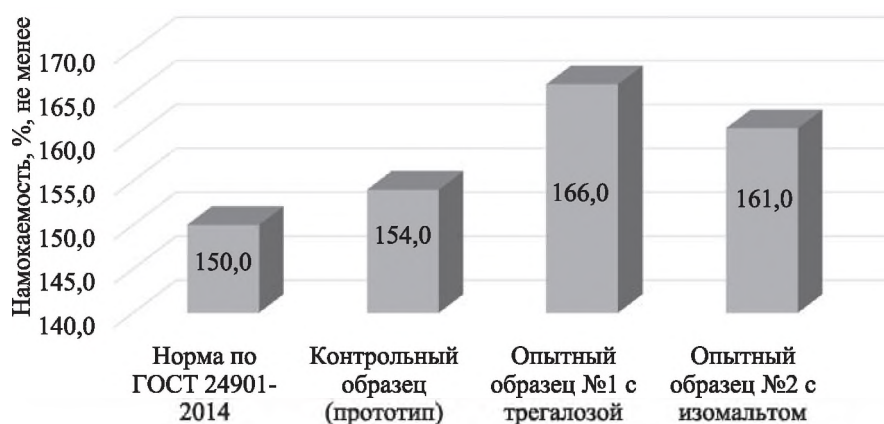


Рисунок 3

Намокаемость разработанного овсяного печенья

в рецептуре трегалозы, как влагоудерживающего агента и изомальта, способствующего уменьшению миграции влаги.

Анализ химического состава опытных образцов показал, что в 100 г печенья с трегалозой содержится 7,2 г белка, 23,0 г жира, 49,0 г углеводов; энергетическая ценность — 432 ккал/1807 кДж; в 100 г печенья с изомальтом — 7,3 г белка, 23,0 г жира, 50,0 г углеводов; энергетическая ценность — 373 ккал/1629 кДж, что ниже энергетической ценности контрольного образца на 60 ккал/183кДж.

Влияние овсяного печенья с моделированным углеводным составом на тест-организмы *Tetrahymena pyriformis*

Проведено исследование влияния печенья с сахаром и сахарозаменителями на состояние и поведенческие характеристики культуры *Tetrahymena pyriformis* (Таблица 3).

Таблица 3

Балловая оценка *Tetrahymena pyriformis* в присутствии овсяного печенья с сахаром и сахарозаменителями

Время проведения эксперимента	Оценка, в баллах			
	Контроль	Печенье с сахаром	Печенье с трегалозой	Печенье с изомальтом
24 ч	5,0	5,0	5,0	4,8
48 ч	5,0	5,0	4,5	4,2

Как видно из полученных результатов (Таблица 3), добавление печенья в среду обитания *Tetrahymena pyriformis* практически не снижает активность культуры в период до 24 ч. Через 48 ч было обнаружено, что лучшее состояние *Tetrahymena pyriformis*, практически идентичное поведению в контроле, имело место в присутствии печенья с сахаром и несколько менее благоприятными являются среды с добавлением печенья с сахарозаменителями.

Таблица 4

Результаты биотестирования печенья с использованием культуры *Tetrahymena pyriformis* через 48 часов культивирования

№ образца	Повтор	Количество клеток в одном большом квадрате камеры Фукса-Розенталя								Среднее значение
Контроль 41		40	34	44	30	40	39	47	40	39
		37	41	39	38	35	45	38		
Овсяное печенье с сахаром	1	36	36	43	33	39	15	23	30	24
		19	17	27	20	19	20	28	23	
	2	31	20	30	28	33	23	28	23	
		24	22	28	30	19	20	20	22	
	3	14	21	19	18	22	25	29	23	
		17	21	25	18	33	30	29	28	
Овсяное печенье с трегалозой	1	20	18	16	20	17	15	14	14	20
		18	16	21	20	17	14	15	17	
	2	23	22	25	24	27	25	22	18	
		23	20	21	25	20	25	23	25	
	3	20	17	25	20	19	21	30	28	
		20	19	18	22	24	21	20	33	
Овсяное печенье с изомальтом	1	11	14	10	4	11	12	10	7	12
		20	10	8	5	8	11	12	8	
	2	20	16	18	12	17	11	10	9	
		12	15	17	18	13	15	16	12	
	3	9	11	15	10	12	16	13	10	
		17	13	12	8	11	15	16	14	

Добавление печенья в среду обитания культуры снижает активность и интенсивность развития *Tetrahymena pyriformis* по сравнению с контролем (Таблица 4). Количество клеток в образцах с добавлением печенья в 2...4 раза меньше, чем в контроле, но добавление печенья в количестве 0,04 г на 200 мкл среды не приводит к гибели инфузорий. Сравнительная оценка результатов позволяет определить, что через 48 часов культивирования наибольшее количество клеток обнаружено в присутствии печенья овсяного с сахаром, несколько меньше в присутствии печенья с трегалозой. Наименее благоприятной средой для простейших оказалось среда с добавлением овсяного печенья с изомальтом, однако и в присутствии этого сахарозаменителя *Tetrahymena pyriformis* развивается, хотя и несколько менее интенсивно.

Биотестирование показало, что разработанное печенье с сахарозаменителями близко к печенью

с сахаром по воздействию на *Tetrahymena pyriformis*, не проявляет признаков токсичности и, следовательно, является биологически безопасным для здоровья человека.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований осуществлено моделирование состава овсяного печенья, заключающееся в исключении из рецептуры печенья сахара и внесении ингредиентов, не вызывающих гипергликемического эффекта, — сахарозаменителя трегалозы или изомальта, и подсластителя стевииозиды. Используя данные сахарозаменители, создали мучное кондитерское изделие профилактического назначения диетической направленности. Разработана технология производства нового вида печенья, отработаны параметры процесса его производства.

Изучена возможность использования биотестирования на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* для оценки безопасности овсяного печенья с сахаром и сахарозаменителями. Выявлено позитивное действие разработанного овсяного печенья с моделированным углеводным составом на живые клетки тест-культуры. Печенье с сахарозаменителями — изомальтом/трегалозой — не вызывает уменьшение метаболической активности простейших, интегральной оценкой которой является динамика роста культуры в пробе исследуемого объекта.

Результаты исследований в дальнейшем можно использовать при создании новых рецептур разных видов кондитерских изделий с моделированным углеводным составом и со сниженным гликемическим индексом. Это позволит расширить ассортимент кондитерских изделий профилактического назначения диетической направленности.

В продолжении данной работы целесообразно исследовать возможность использования биоте-

стирования на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* как самих сахарозаменителей, так и разнообразных кондитерских изделий на их основе. Исследовать влияние разработанного овсяного печенья с моделированным углеводным составом на постпрандиальную гликемию у больных сахарным диабетом.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Ткешелашвили М. Е.: Концептуализация, Научное руководство исследованием, Проведение исследования.

Бобожонова Г. А.: Визуализация, Создание рукописи и её редактирование, Проведение исследования.

Леонова И. Б.: Визуализация, Создание черновика рукописи, Проведение исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Богдан, А. С., Бондарук, А. М., & Цыганков, В. Г. (2013). Методические подходы к оценке на *Tetrahymena pyriformis* биологической ценности и безвредности пищевой продукции. *Здоровье и окружающая среда*, (22), 247–252.
- Богданов, В. Д., Сахарова, О. В., & Сахарова, Т. Г. (2016). Исследование безопасности и биологической ценности сухого концентрата трепанга биотестированием. *Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета*, (1), 93–98.
- Вислоухова, В., & Шевчук, А. (2017). Кондитерские изделия нового поколения. *Наука и инновации*, (5), 30–33.
- Воробьева, В. М., Воробьева, И. С., Кочеткова, А. А., Шарфетдинов, Х. Х., & Зорина, Е. Е. (2014). Модификация углеводного состава кондитерских изделий для больных сахарным диабетом 2 типа. *Вопросы питания*, 83(6), 66–73.
- Долгов, В. А., Лавина, С. А., & Никитченко, Д. В. (2014а). Оценка и взаимосвязь параметров токсичности различных веществ для инфузорий Тетрахимена пириформис и белых крыс. *Вестник Российского Университета дружбы народов. Агрономия и животноводство*, (2), 58–65.
- Долгов, В. А., Лавина, С. А., Арно, Т. С., Семёнова, Е. А., & Осипова, И. С. (2016). Биологическая оценка меда и продуктов пчеловодства (пыльцы, перги). *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*, (1), 28–33.
- Долгов, В. А., Лавина, С. А., Козак, С. С., & Никитченко, Д. В. (2014б). Биотестирование продуктов, кормов и объектов окружающей среды. *Вестник Российского университета дружбы народов. серия: международные отношения. Агрономия и животноводство*, (3), 69–78.
- Долгов, В. А., Лавина, С. А., Семенова, Е. А., & Осипова, И. С. (2017). Направления и перспективы совершенствования методологии ветеринарно-санитарной экспертизы. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*, (4), 6–13.
- Казарян, В. С., Куракина, А. Н., Филиппова, Е. В., Красина, И. Б., & Красина, Е. В. (2019). Разработка технологии и рецептуры шоколада без сахара, обогащенного инулином. *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*, (26), 39–43.
- Карпенко, Ю. В., & Кращенко, В. В. (2019). Биотестирование рыбной кулинарной продукции с использованием *Tetrahymena pyriformis*. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Рыбное хозяйство*, (3), 132–140. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2019-3-132-140>
- Кох, Е. С., Гаврилов, А. С., & Ларионов, Л. П. (2015). Разработка подслащающего средства на основе сухого экстракта стевии. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация*, (16), 185–193.
- Кочетов, А. А., & Синявина, Н. Г. (2021). Стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Биохимический состав, терапев-

- тические свойства и использование в пищевой промышленности (обзор). *Химия растительного сырья*, (2), 5–27. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021027931>
- Куракина, А. Н., Красина, И. Б., & Галтелов, Д. Б. (2015). Разработка базовой рецептуры жевательных конфет. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, (1), 107–110.
- Леонова, И. Б., & Бабанина, В. И. (2019). Изучение возможности использования биотестирования для сравнительной оценки качества соков. *Экономика: Вчера, сегодня, завтра*, 9(1), 419–427. <https://doi.org/10.25799/AR.2019.80.1.043>
- Макогонова, В. А., Хрипушина, А. С., & Лобосова, Л. А. (2016). Снижение энергетической ценности зефира. *Грани науки*, 4(2), 36–41.
- Митчелл, Х. (2010). *Подсластители и сахарозаменители*. СПб.: Профессия.
- Палаткин, В. В. (2017). Влияние сахара на организм человека. *Фундаментальные аспекты психического здоровья*, (2), 44–46.
- Полянский, К. К., Подпоронова, Г. К., & Богомолов, Д. М. (2005). Стевия в продуктах целебно-профилактического назначения. *Пищевая промышленность*, (5), 58.
- Потороко, И. Ю., & Паймулина, А. В. (2015). Применимость стевиозида в обеспечении функциональных свойств сдобных булочных изделий. *Вестник Южно-уральского государственного университета. Пищевые и биотехнологии*, 3(3), 63–68. <https://doi.org/10.14529/food150309>
- Рушиц, А. А. (2015). Исследование потребительских свойств песочного печенья с сахарозаменителем. *Вестник Южно-уральского государственного университета*, 3(1), 45–50.
- Савенкова, Т. В., Кочеткова, А. А., Шарафетдинов, Х. Х., Плотникова, О. А., Солдатова, Е. А., Воробьева, В. М., & Глазкова, И. В. (2017). Теоретические и практические аспекты создания мучных кондитерских изделий для больных сахарным диабетом 2 типа. *Пищевая промышленность*, (4), 44–48.
- Ткешелашвили, М. Е., Бобожонова, Г. А., Сорокина, А. В., & Бочкарева, М. Д. (2019). Расширение ассортимента обогащенных кексов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 89–102. <http://doi.org/10.36107/spfp.2019.188>
- Феофилова, Е. П., Усов, А. И., Мысякина, И. С., & Кочкина, Г. А. (2014). Трегалоза: Особенности химического строения, биологические функции и практическое значение. *Микробиология*, 83(3), 271–283. <https://doi.org/10.7868/S002635614020074>
- Харламова, Е. В., Коробов, И. С., & Лобосова, Л. А. (2013). Мармелад функционального назначения со стевиозидом. *Грани науки*, (1), 82–86.
- Черемных, Е. Г., Кулешин, А. В., & Кулешина, О. Н. (2011). Биотестирование пищевых добавок на инфузориях. *Вестник Российского университета дружбы народов. Экология и безопасность жизнедеятельности*, (3), 5–12.
- Черемных, Е. Г., & Май Т. Л. (2011). Биотестирование риса из Вьетнама на приборе БиоЛаТ. *Вестник Российского университета дружбы народов. Экология и безопасность жизнедеятельности*, (4), 65–71.
- Шарафетдинов, Х. Х., Плотникова, О. А., Пилипенко, В. В., Кочеткова, А. А., Воробьева, В. М., Воробьева, И. С., Тутьельян, В. А. (2015). Влияние специализированного пищевого продукта с модифицированным углеводным профилем на постпрандиальную гликемию у больных сахарным диабетом 2 типа. *Вопросы питания*, 84(6), 92–98. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2015-00066>
- Швецова, А. В., & Пищиков, Г. Б. (2016). Разработка леденцовой карамели без сахара и оценка ее качества. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Пищевые и биотехнологии*, 4(3), 64–70. <https://doi.org/10.14529/food160308>
- Щербакова, Ю. В., Семенова, Ю. В., Багаутдинова, Г. Р., Насрулина, К. А., & Ахмадуллина, Ф. Ю. (2020). Метод биотестирования для контроля качества молочного сырья при промышленных режимах термообработки. *Химическая безопасность*, 4(2), 282–292. <http://doi.org/10.25514/CHS.2020.2.18020>
- Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S. Y., Mayhew, E. J., Slavin, J. L., & Zivanovic, S. (2016). Functionality of sugars in foods and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 433–470. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194>

REFERENCES

- Bogdan, A. S., Bondaruk, A. M., & Tsygankov, V. G. (2013). Metodicheskie podkhody k otsenke na Tetrahymena pyriformis biologicheskoi tsennosti i bezvrednosti pishchevoi produktsii [Methodological approaches to the assessment of the biological value and harmlessness of food products on Tetrahymena pyriformis]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda [Health and Environment]*, (22), 247–252.
- Bogdanov, V. D., Sakharova, O. V., & Sakharova, T. G. (2016). Issledovanie bezopasnosti i biologicheskoi tsennosti sukhogo kontsentrata trepanga biotestirovaniem [Investigation of the safety and biological value of dry trepang concentrate by biotesting]. *Nauchnye trudy Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo rybkhozyaistvennogo universiteta [Scientific works of the Far Eastern State Technical Fisheries University]*, (1), 93–98.
- Visloukhova, V., & Shevchuk, A. (2017). Konditerskie izdeliya novogo pokoleniya [Confectionery products of the new generation]. *Nauka i innovatsii [Science and Innovation]*, (5), 30–33.
- Vorob'eva, V. M., Vorob'eva, I. S., Kochetkova, A. A., Sharafetdinov, Kh. Kh., & Zorina, E. E. (2014). Modifikatsiya uglevodnogo sostava konditerskikh izdelii dlya bol'nykh sakharnym diabetom 2 tipa [Modification of the carbohydrate composition of confectionery products for patients

- with type 2 diabetes mellitus]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 83(6), 66–73.
- Dolgov, V. A., Lavina, S. A., & Nikitchenko, D. V. (2014a). Otsenka i vzaimosvyaz' parametrov toksichnosti razlichnykh veshchestv dlya infuzorii Tetrakhimena piriformis i belykh kryss [Assessment and interrelation of toxicity parameters of various substances for Tetrachymene pyriformis and white rats infusoria]. *Vestnik Rossiiskogo Universiteta druzhby narodov. Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Agronomy and Animal Husbandry], (2), 58–65.
- Dolgov, V. A., Lavina, S. A., Arno, T. S., Semenova, E. A., & Osipova, I. S. (2016). Biologicheskaya otsenka meda i produktov pchelovodstva (pyl'tsy, pergi) [Biological evaluation of honey and bee products (pollen, perga)]. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], (1), 28–33.
- Dolgov, V. A., Lavina, S. A., Kozak, S. S., & Nikitchenko, D. V. (2014b). Biotestirovanie produktov, kormov i ob'ektov okruzhayushchei sredy [Biotesting of products, feeds and environmental objects]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. seriya: mezhdunarodnye otnosheniya. Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Agronomy and Animal Husbandry], (3), 69–78.
- Dolgov, V. A., Lavina, S. A., Semenova, E. A., & Osipova, I. S. (2017). Napravleniya i perspektivy sovershenstvovaniya metodologii veterinarno-sanitarnoi ekspertizy [Directions and prospects for improving the methodology of veterinary and sanitary examination]. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], (4), 6–13.
- Kazaryan, V. S., Kurakina, A. N., Filippova, E. V., Krasi-na, I. B., & Krasina, E. V. (2019). Razrabotka tekhnologii i retseptury shokolada bez sakhara, obogashchennogo inulinom [Development of technology and formulation of sugar-free chocolate enriched with inulin]. *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya* [Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking], (26), 39–43.
- Karpenko, Yu. V., & Krashchenko, V. V. (2019). Biotestirovanie rybnoi kulinarnoi produktsii s ispol'zovaniem Tetrachymena pyriformis [Biotesting of fish culinary products using Tetrachymena pyriformis]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Rybnoe khozyaistvo* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Fisheries], (3), 132–140. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2019-3-132-140>
- Kokh, E. S., Gavrillov, A. S., & Larionov, L. P. (2015). Razrabotka podslaschivayushchego sredstva na osnove sukhogo ekstrakta stevia [Development of a sweetener based on dry stevia extract]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Meditsina. Farmatsiya* [Scientific bulletin of Belgorod State University. Medicine. Pharmacy], (16), 185–193.
- Kochetov, A. A., & Sinyavina, N. G. (2021). Steviya (Stevia rebaudiana Bertoni): Biokhimicheskii sostav, terapevicheskie svoystva i ispol'zovanie v pishchevoi promyshlennosti (obzor) [Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni): Biochemical composition, therapeutic properties and use in the food industry (review)]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], (2), 5–27. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021027931>
- Kurakina, A. N., Krasina, I. B., & Galtelov, D. B. (2015). Razrabotka bazovoi retseptury zhevatel'nykh konfet [Development of the basic recipe of chewing candies]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Food Technology], (1), 107–110.
- Leonova, I. B., & Babanina, V. I. (2019). Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya biotestirovaniya dlya sravnitel'noi otsenki kachestva sokov [Study of the possibility of using biotesting for comparative evaluation of juice quality]. *Ekonomika: Vchera, segodnya, zavtra* [Economy: Yesterday, today, Tomorrow], 9(1), 419–427. <https://doi.org/10.25799/AR.2019.80.1.043>
- Makogonova, V. A., Khripushina, A. S., & Lobosova, L. A. (2016). Snizhenie energeticheskoi tsennosti zefira [Reducing the energy value of marshmallows]. *Grani nauki* [Facets of Science], 4(2), 36–41.
- Mitchell, Kh. (2010). *Podslastiteli i sakharozameniteli* [Sweeteners and sweeteners]. S-Petersburg: Professiya.
- Palatkin, V. V. (2017). Vliyanie sakhara na organizm cheloveka [The effect of sugar on the human body]. *Fundamental'nye aspekty psikhicheskogo zdorov'ya* [Fundamental Aspects of Mental Health], (2), 44–46.
- Polyanskii, K. K., Podporinova, G. K., & Bogomolov, D. M. (2005). Steviya v produktakh tselebno-profilakticheskogo naznacheniya [Stevia in medicinal and prophylactic products]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], (5), 58.
- Potoroko, I. Yu., & Paimulina, A. V. (2015). Primenimost' steviozida v obespechenii funktsional'nykh svoystv sдобnykh bulochnykh izdelii [The applicability of stevioside in ensuring the functional properties of bakery products]. *Vestnik Yuzhno-ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Pishchevye i biotekhnologii* [Bulletin of the South Ural State University. Food and biotechnology], 3(3), 63–68. <https://doi.org/10.14529/food150309>
- Rushchits, A. A. (2015). Issledovanie potrebitel'skikh svoystv pesochного печen'ya s sakharozamenitelem [Research of consumer properties of shortbread cookies with sweetener]. *Vestnik Yuzhno-ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the South Ural State University], 3(1), 45–50.
- Savenkova, T. V., Kochetkova, A. A., Sharafetdinov, Kh. Kh., Plotnikova, O. A., Soldatova, E. A., Vorob'eva, V. M., & Glazkova, I. V. (2017). Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sozdaniya muchnykh konditerskikh izdelii dlya bol'nykh sakharnym diabetom 2 tipa [Theoretical and practical aspects of creating flour confectionery products for patients with type 2 diabetes mellitus]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], (4), 44–48.
- Tkeshelashvili, M. E., Bobozhonova, G. A., Sorokina, A. V., & Bochkareva, M. D. (2019). Rasshirenie assortimenta obogashchennykh keksov [Expanding the range of enriched cupcakes]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], (4), 89–102. <http://doi.org/10.36107/spfp.2019.188>

- Feofilova, E. P., Usov, A. I., Mysyakina, I. S., & Kochkina, G. A. (2014). Tregaloza: Osobennosti khimicheskogo stroeniya, biologicheskie funktsii i prakticheskoe znachenie [Trehalose: Features of chemical structure, biological functions and practical significance]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 83(3), 271–283. <https://doi.org/10.7868/S0026355614020074>
- Kharlamova, E. V., Korobov, I. S., & Lobosova, L. A. (2013). Marmelad funktsional'nogo naznacheniya so steviozidom [Functional marmalade with stevioside]. *Grani nauki* [Facets of Science], (1), 82–86.
- Cheremnykh, E. G., Kuleshin, A. V., & Kuleshina, O. N. (2011). Biotestirovanie pishchevykh dobavok na infuzoriyakh [Biotesting of food additives on infusoria]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ecology and Life Safety], (3), 5–12.
- Cheremnykh, E. G., & Mai T. L. (2011). Biotestirovanie risa iz V'etnama na pribore BioLaT [Biotesting of rice from Vietnam on the BioLaT device]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ecology and Life Safety], (4), 65–71.
- Sharafetdinov, Kh.Kh., Plotnikova, O.A., Pilipenko, V.V., Kochetkova, A.A., Vorob'eva, V.M., Vorob'eva, I.S., Tutel'yan, V.A. (2015). Vliyanie spetsializirovannogo pishchevogo produkta s modifitsirovannym uglevodnym profilem na postprandial'nuyu glikemiyu u bol'nykh sakharnym diabetom 2 tipa [The effect of a specialized food product with a modified carbohydrate profile on postprandial glycemia in patients with type 2 diabetes mellitus]. *Vo-prosy pitaniya* [Nutrition Issues], 84(6), 92–98. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2015-00066>
- Shvetsova, A. V., & Pishchikov, G. B. (2016). Razrabotka ledentsovoi karameli bez sakhara i otsenka ee kachestva [Development of sugar-free candy candy and evaluation of its quality]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Pishchevye i biotekhnologii* [Bulletin of the South Ural State University. Food and Biotechnology], 4(3), 64–70. <https://doi.org/10.14529/food160308>
- Shcherbakova, Yu. V., Semenova, Yu. V., Bagautdinova, G. R., Nasrulina, K. A., & Akhmadullina, F. Yu. (2020). Metod biotestirovaniya dlya kontrolya kachestva molochnogo syr'ya pri promyshlennykh rezhimakh termootrabotki [Biotesting method for quality control of dairy raw materials in industrial heat treatment modes]. *Khimicheskaya bezopasnost'* [Chemical Safety], 4(2), 282–292. <http://doi.org/10.25514/CHS.2020.2.18020>
- Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S. Y., Mayhew, E. J., Slavin, J. L., & Zivanovic, S. (2016). Functionality of sugars in foods and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 433–470. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194>