




Влияние порошка стевии на качество безглютенового печенья

Людмила П. Нилова¹ nilova_l_p@mail.ru  0000-0002-5154-7095
 Светлана М. Малютенкова¹ smal2011@mail.ru  0000-0002-8081-6688
 Людмила Н. Шмакова² zontik-34@yandex.ru  0000-0003-2998-1909




¹ СПбПУ, ул., Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия

² Кировский ГМУ Минздрава России, ул. К. Маркса, 112, г. Киров, 610027, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследований влияния порошка стевии на качество безглютенового печенья из песочного теста при полной замене сахара в рецептуре. Печенье было изготовлено из смеси муки рисовой и кукурузной (40/60). В качестве жировых компонентов использовали маргарин или растительное масло. Порошок стевии использовали в разных количествах: 1,0; 2,0; 3,0%. Оценку качества печенья проводили по органолептическим показателям, физическим характеристикам (диаметр, толщина), массовой доли влаги, намокаемости, прочности на анализаторе структуры «Структурометр СТ-2». При полной замене сахара на порошок стевии в различных количествах печенье с маргарином было сопоставимо по размерам с печеньем с сахаром, увеличив при этом влажность, но снизив значения намокаемости и прочности. Замена жирового компонента на растительное масло привело к формированию более плоского расплывчатого печенья, с выраженной хрупкостью, что отражалось на его прочности, как в печенье с сахаром, так и со стевией. Использование гуаровой или ксантановой камеди в рецептуре безглютенового печенья со стевией и растительным маслом позволило получить более мягкое печенье, увеличило его толщину, а также влажность и набухаемость, стабилизировало прочность, которая стала сравнима до добавления порошка стевии. Увеличение количества камеди более 1% приводило к большим изменениям показателей качества печенья, и зависело от вида камеди, что было более выражено при использовании ксантановой камеди. Основным критерием качества безглютенового печенья с порошком стевии в количестве 1,0% стало минимальная специфическая сладость

Ключевые слова: безглютеновое печенье, стевия, маргарин, подсолнечное масло, камеди, качество.

The effect of stevia powder on the quality of gluten-free cookies

Liudmila P. Nilova¹ nilova_l_p@mail.ru  0000-0002-5154-7095
 Svetlana M. Malyutenkova¹ smal2011@mail.ru  0000-0002-8081-6688
 Liudmila N. Shmakova² zontik-34@yandex.ru  0000-0003-2998-1909

¹ Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

² FSBEI HE Kirov SMU MOH Russia, st. K. Marx, 112, Kirov, 610027, Russia

Abstract. The paper presents the results of studies of the effect of stevia powder on the quality of gluten-free cookies with a complete replacement of sugar in the recipe. The cookies were made from a mixture of rice and corn flour (40/60). Margarine or vegetable oil were used as fat components. Stevia powder was used in different amounts: 1.0; 2.0; 3.0%. Cookies quality were assessed by organoleptic indicators, physical characteristics (diameter, thickness), moisture, swelling, strength on the structure analyzer "Structurometer ST-2". When completely replacing sugar with stevia powder in various amounts, margarine cookies were comparable in size to sugar cookies, while increasing moisture, but reducing swelling and strength values. Replacing the fat component with vegetable oil resulted in the formation of a flatter, more brittle cookie, with pronounced brittleness, which was reflected in its strength, both in cookies with sugar and with stevia. The use of guar or xanthan gum in the formulation of gluten-free cookies with stevia and vegetable oil made it possible to obtain softer cookies, increased their thickness, as well as moisture and swelling, stabilized the strength, which became comparable before the addition of stevia powder. An increase in the amount of gum over 1% led to large changes in cookie quality indicators, and depended on the type of gum, which was more pronounced when using xanthan gum. The main criterion for the quality of gluten-free cookies with stevia powder in the amount of 1.0% was the minimum specific sweetness

Keywords: gluten-free cookies, stevia, margarine, sunflower oil, gums, quality.

Введение

На российском потребительском рынке печенье считается одним из популярных пищевых продуктов в сегменте мучных кондитерских изделий. Потребитель рассматривает печенье как лакомство благодаря его органолептическим свойствам, которые формируются за счет высокого содержания сахара и жира.

Согласно ГОСТ 24901–2014 «Печенье. Общие технические условия» содержание в печенье сахара может достигать до 45%, а жира до 40%. Безглютеновое печенье не является исключением, которое принципиально отличается от печенья традиционной рецептуры использованием безглютеновой муки из злаковых культур (риса, кукурузы, овса, проса) [1–6].

Для цитирования

Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Шмакова Л.Н. Влияние порошка стевии на качество безглютенового печенья // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 4. С. 124–132. doi:10.20914/2310-1202-2022-4-124-132

For citation

Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Shmakova L.N. The effect of stevia powder on the quality of gluten-free cookies. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 124–132. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-4-124-132

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Рисовая мука – одна из наиболее часто используемых видов безглютеновой муки, которую могут сочетать с другими видами муки (кукурузной, гречневой, овсяной и др.). В последние годы исследования в совершенствовании рецептур безглютеновой продукции направлены на повышение их пищевой ценности. Для этого используют муку цельнозерновую, гречневую или льняную, муку из амаранта, киноа, каштана, кэроба (порошка из плодов рожкового дерева) и др. [2, 3, 7–10]. Для обогащения используют различное белокосодержащее растительное сырье (соя, нут, фасоль, люпин) [3, 11, 12], ферментированные отруби [13], ферментированный пробиотиками сублимированный порошок шампиньонов [15]. Нередко для формирования структуры безглютенового печенья необходимы стабилизаторы структуры – карбоксиметилцеллюлоза [1], камеди [9, 11, 15], цитрусовые волокна [4] и др. Установлено, что в случае использования камедей акации, абрикоса, карайи, повышающих вязкость теста и формирующих органолептические свойства, готовая продукция одновременно приобретает антиоксидантные свойства [11].

Безглютеновое печенье становится «модным трендом» среди потребителей, которые считают, что оно более полезное, хотя в настоящее время отсутствуют исследования, подтверждающих этот факт [16, 17]. Более того, высокое содержание крахмала в безглютеновом печенье может вызвать всплеск уровня глюкозы в крови, увеличивая риск возникновения диабета II типа и ожирения, а для потребителей с чувствительностью к глютену требует поддержания гликемического контроля при строгой безглютеновой диете [1].

Есть разные пути снижения гликемического индекса печенья, как традиционного, так и безглютенового – регулирование технологических условий выпечки (температуры и времени), повышающего долю резистентного крахмала и/или регулирование рецептуры с частичной или полной заменой сахара на сахарозаменители (мальтит, инулин, олигофруктоза, мальтодекстрин) [1, 18–22]. При замене в рецептуре печенья 50% сахара мальтитом или 100% сахара инулином получают мягкое и менее хрупкое печенье [19]. Использование стевии в виде экстрактов позволяет не только полностью или частично заменить сахар в печенье различных рецептур [18, 20, 23, 24], но и благодаря своему богатому биохимическому составу оказывать благотворное влияние на здоровье, особенно при лечении диабета,

ожирения, гипертонии, онкологии и микробных инфекций [18, 25, 26]. Гликозид стевииол, обуславливающий сладость стевии в 100–300 раз слаще сахарозы, позволяет использовать стевию в рецептурах печенья, добиваясь избежать нежелательного послевкусия стевии [25]. С другой стороны, использование экстракта стевии снижает прочность печенья и повышает активность воды, поэтому некоторые исследователи [19] предлагают использовать стевию совместно с наполнителями. Например, стевия вместе с наполнителем «Benefiber» позволяет заменить 66% сахара в овсяном печенье без изменения его органолептических показателей. При этом в печенье увеличивается количество пищевых волокон на 289%. Улучшению качества печенья со стевией способствует совместное ее использование с топинамбуром, причем увеличение количества топинамбура позволяет снизить количество стевии до 0,7% [23].

В качестве жировых компонентов в печенье чаще всего используют маргарин, но существующая опасность содержания в них трансизомеров жирных кислот привела к необходимости использования растительных жиров [4, 27–29]. Жидкие растительные масла могут оказывать негативное влияние на физические характеристики печенья, поэтому предлагается использовать их в сочетании со стабилизаторами, в роли которых могут выступать цитрусовые волокна [4]. Разработаны [30] специальные комбинированные гели, состоящие из смеси масла канолы / канделильского олеогеля (5 г/100 г.) и гидрогеля клейстеризованного кукурузного крахмала (5 г/100 г.) в соотношении 1:1. Перспективным жировым компонентом считают красный пальмовый олеин, полученный из масла плодов гибридной пальмы *Elaeis oleifera* x *Elaeis*. Гвинейской с повышенным содержанием каротинов и токотриенолов, обеспечивающих антиоксидантные свойства печенья, сохранность которых при выпечке составляет 92–100% [31].

Цель работы – изучить влияние порошка стевии на качество безглютенового печенья при полной замене сахара в рецептуре в зависимости от использования различных жировых компонентов.

Материалы и методы

Для исследований была выбрана рецептура безглютенового печенья из песочного теста, изготовленного с использованием рисовой и кукурузной муки (40/60), сахара, маргарина, яйца куриного, соли пищевой и разрыхлителя, которая явилась контролем.

Второй вариант рецептуры отличался использованием масла подсолнечного рафинированного дезодорированного в качестве жирового компонента вместо маргарина. Опытные образцы безглютенового печенья вырабатывались по той же рецептуре, но вместо сахара использовали порошок стевии в различных количествах: 1,0; 2,0; 3,0%. Минимальный уровень стевии был определен из расчета: сладость 1 г стевии соответствует 20 г. сахарозы [26]. Для стабилизации структуры и консистенции безглютенового печенья с подсолнечным маслом и порошком стевии использовали гуаровую и ксантановую камеди в количествах 1,0; 2,0; 3,0% от количества жирового компонента.

Для приготовления теста жировой компонент смешивали с сахаром или порошком стевии, куриным яйцом, солью и разрыхлителем, перемешивали с помощью лабораторного миксера в течение 20 мин. Затем добавляли муку и продолжали замес до получения однородной массы. Формовку печенья осуществляли после раскатывания теста в виде листа. Выпечку печенья осуществляли при температуре 180°C в течение 20–22 минут.

Оценку качества контрольных и опытных образцов печенья каждой выпечки проводили в трехкратной повторности по органолептическим показателям, физическим характеристикам (диаметр, толщина), массовой доли влаги, намокаемости, прочности.

Размеры печенья измеряли штангенциркулем. Диаметр каждого печенья измеряли дважды перпендикулярно для получения среднего диаметра. Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 5900–2014, намокаемость – по ГОСТ 10114–80. Измерение прочности – на анализаторе структуры «Структурометр СТ-2».

Результаты и обсуждение

На первом этапе подбирали количество порошка стевии в рецептуре безглютенового печенья с маргарином (30%) при полном отсутствии сахара. Контролем служило безглютеновое печенье с сахаром (20%).

Преобладание кукурузной муки в составе безглютеновой муки придавало печенью желтый цвет, но не отражалось на вкусе и запахе, который был сладковатый, характерный для печенья. Поверхность печенья была гладкой без трещин и вздутий, форма – круглая, плоская. При использовании порошка стевии вместо сахара форма и состояние поверхности не изменились, но печенье стало тоньше на 1 мм и имело тенденцию к увеличению диаметра, хотя изменения не были статистически значимы (таблица 1). Уменьшение толщины безглютенового печенья происходит также при 100%-ной замене сахара инулином [19].

Таблица 1.

Влияние порошка стевии на показатели качества безглютенового печенья с маргарином

Table 1.

Effect of stevia powder on the quality indicators of gluten-free margarine cookies

Количество стевии, % The amount of stevia, %	Показатели Indicators				
	толщина, мм thickness, mm	диаметр, мм diameter, mm	влажность, % moisture, %	намокаемость, % swelling, %	прочность, г strength, g
Контроль Control	5,0 ± 0,2	62,0 ± 2,0	4,60 ± 0,16	151,60 ± 2,20	1595,9 ± 38,2
1	4,0 ± 0,3	62,6 ± 2,7	5,26 ± 0,10	144,06 ± 1,45	741,5 ± 35,1
2	4,0 ± 0,4	63,2 ± 2,3	5,49 ± 0,10	142,87 ± 2,10	716,3 ± 32,2
3	4,0 ± 0,2	63,5 ± 2,9	5,77 ± 0,15	141,98 ± 2,00	682,0 ± 32,0

Вкус печенья имел характерную специфическую сладость стевии, которая была слабовыраженной при использовании порошка стевии в количестве 1,0% и усиливалась с увеличением его количества, достигая легкого горьковатого привкуса при 3,0%. При этом отсутствовало влияние порошка стевии на запах печенья.

Более значительно порошок стевии повлиял на влажность печенья, повысив ее в 1,14–1,25 раз по сравнению с контролем. О влиянии стевии на повышение активности воды в овсяном печенье указывают Salazar с соавторами [18], отмечая при этом снижение прочности печенья в 3 раза. Исследуемые опытные образцы

безглютенового печенья со стевией снизили прочность более чем в 2 раза. При этом намокаемость печенья со стевией снизилась на 5,2–6,8%.

Замена жирового компонента на подсолнечное масло в том же количестве, что и маргарин (30%) для получения теста для печенья не дала положительных результатов. Тесто крошилось, и добиться его однородности было невозможно. Основываясь на литературных данных [4] количество подсолнечного масла было уменьшено до 20%, что позволило получить однородное тесто для безглютенового печенья с сахаром. В отличие от образцов печенья с маргарином (контроль) печенье с растительным маслом

было тоньше, но практически такого же диаметра (таблица 2). Растительное масло, имея жидкую консистенцию, легче проникало в структуру муки и за счет высокой жиросодержащей и эмульгирующей способности преобладающей в ее составе кукурузной муки [32], препятствовало испарению воды при выпечке. В результате влажность контрольных образцов печенья с растительным маслом была выше, чем в контроле с маргарином на 1,2%. Похожие результаты были получены Perez-Santana M.

с соавторами [31]. При выпечке печенья с высокоолеиновым олеином из масла красной пальмы его влажность была больше на 1–2% по сравнению с печеньем с традиционным олеином. Несмотря на использование меньшего количества растительного масла на 10% по сравнению с количеством маргарина в исследуемых образцах печенья, их намокаемость в воде увеличилась на 4,8%. При этом печенье стало более хрупкое, уменьшив значения прочности в 1,5 раза

Таблица 2.

Влияние порошка стевии на показатели качества безглютенового печенья с подсолнечным маслом

Table 2.

The effect of stevia powder on the quality indicators of gluten-free cookies with sunflower oil

Количество стевии, % The amount of stevia, %	Показатели Indicators				
	толщина, мм thickness, mm	диаметр, мм diameter, mm	влажность, % moisture, %	намокаемость, % swelling, %	прочность, г strength, g
Контроль Control	4,0 ± 0,2	61,0 ± 1,2	5,80 ± 0,22	156,40 ± 1,62	1032,8 ± 26,4
1	3,8 ± 0,1	63,0 ± 1,5	5,09 ± 0,18	152,24 ± 1,30	572,4 ± 21,2
2	3,6 ± 0,1	64,3 ± 1,8	5,10 ± 0,19	151,00 ± 1,40	–
3	3,5 ± 0,2	65,0 ± 1,8	5,59 ± 0,20	149,88 ± 1,41	–

При использовании порошка стевии вместо сахара в печенье с подсолнечным маслом оно становилось тоньше и шире. Увеличение его диаметра составило 2–4 мм, а влажность снижалась на 4,4–13,9%, что принципиально отличало его от аналогичного печенья со стевией и маргарином. Динамика намокаемости печенья в воде была аналогичной, но уменьшение значений в зависимости от количества стевии в рецептуре были не такими выраженными. Так, в печенье с маргарином порошок стевии снизил значения намокаемости на 5,2–6,8%, а с растительным маслом – на 2,7–4,3%.

Наибольшее влияние порошок стевии оказал на прочность печенья, уменьшив ее почти в 2,2 раза при количестве порошка 1,0% (таблица 2). При большем количестве порошка стевии в рецептуре песочного печенья с растительным маслом оно становилось настолько хрупким, что буквально крошилось в руках, поэтому его прочность измерить было невозможно. Динамику снижения прочности печенья с одновременным повышением его хрупкости под влиянием сахарозаменителей – мальтита и инулина в разных соотношениях было установлено Стрелковой А.К. с соавторами [19].

Улучшить качество безглютенового печенья возможно за счет использования структурообразователей, в качестве которых используют различные камеди [9, 11, 15, 33] или другие ингредиенты с высокой водопоглощательной способностью – цельнозерновую муку,

цитрусовые волокна, карбоксиметилцеллюлоза [1, 2, 19]. В зависимости от вида структурообразователя и их количества качество печенья значительно различается. Например, камеди акации, трагаканта, гуаровой и ксантановой в количестве 1,0% повышают влажность печенья из гречневой муки, которое характеризуется большей толщиной, массой и сниженной прочностью [9]. Экструзионная кукурузная мука из цельного зерна за счет ее более высокой водопоглощательной способности приводит к увеличению диаметра и толщины печенья, коэффициент расплываемости (отношение среднего диаметра к толщине) увеличивается на 18%, снижается прочность печенья в 1,6 раза по сравнению с традиционной кукурузной мукой [2]. Особенно это актуально при использовании в рецептуре печенья жидких растительных масел. Так, при использовании жидкого растительного масла в смеси с клейстеризованным крахмалом улучшается дисперсия жировой фракции, что препятствует растеканию теста при формовании и позволяет получать более компактное, но нежное печенье с меньшей твердостью [30]. Использование 1% цитрусовых волокон сохраняет формоустойчивость теста и печенья из гречневой муки с жидким растительным маслом [19].

Для повышения качества безглютенового печенья с порошком стевии и подсолнечным маслом использовали гуаровую и ксантановую камеди в разных количествах (таблица 3). В основном камеди в составе печенья используют

в количестве 0,5–1,0%, но возможно ее использование в более высоких концентрациях [9, 11, 28, 34]. Mudgil D. [33] установили, что наиболее лучшее качество печенья сформировалось при

использовании частично гидролизованной гуаровой камеди в количестве 2,21%. Добавление камедей в жидкое растительное масло формирует гели, препятствующие растекаемости теста [28].

Таблица 3.
Влияние гуаровой и ксантановой камедей на качество безглютенового печенья с порошком стевии 1,0% и подсолнечным маслом

Table 3.
The effect of guar and xanthan gums on the quality of gluten-free cookies with stevia powder 1,0% and sunflower oil

Вид камеди Type of gum	Количество камеди, % Amount of gum, %	Показатели Indicators				
		толщина, мм thickness, mm	диаметр, мм diameter, mm	влажность, % moisture, %	намокаемость, % swelling, %	прочность, г strength, g
Гуаровая камедь Guar gum	1,0	6,0 ± 0,2	63,5 ± 0,2	7,19 ± 0,30	177,30 ± 1,80	1210,9 ± 28,5
	2,0	6,8 ± 0,2	64,4 ± 0,3	7,31 ± 0,25	178,70 ± 0,95	1153,6 ± 33,4
	3,0	7,3 ± 0,1	65,2 ± 0,3	7,53 ± 0,20	180,01 ± 1,30	1073,1 ± 30,2
Ксантановая камедь Xanthan gum	1,0	6,9 ± 0,3	64,0 ± 0,1	7,42 ± 0,28	181,23 ± 0,80	1169,5 ± 20,4
	2,0	7,8 ± 0,5	64,9 ± 0,2	7,64 ± 0,15	182,04 ± 1,75	1078,8 ± 25,0
	3,0	8,2 ± 0,2	65,8 ± 0,2	7,97 ± 0,12	182,80 ± 1,14	1005,2 ± 19,5

Результаты исследований показали, что добавление гуаровой или ксантановой камедей в количестве от 1 до 3% в печенье со стевией и подсолнечным маслом приводило к увеличению их толщины. Причем ксантановая камедь показала более существенное влияние на толщину печенья с порошком стевии, увеличив ее от 1,8 до 2,1 раза, тогда как гуаровая камедь – от 1,6 до 1,9 раз. Это связывают с большей молекулярной массой ксантановой камеди, чем гуаровой камеди, и было показано в исследованиях безглютенового печенья из гречневой муки с добавлением камедей разной молекулярной массы [9]. Камеди формируют рыхлую и мягкую микроструктуру печенья за счет его развитой пористости, что доказано исследованиями с помощью электронной сканирующей микроскопии [11, 34]. Это оказывает влияние в некоторой степени на диаметр печенья, хотя в опытных образцах его диаметр вырос незначительно – максимально на 2,8 мм. В большей степени использование камедей сказывается на прочности печенья. Добавление камедей в количестве 1% приводит к резкому увеличению прочности печенья (таблица 3), которая становится сравнима с прочностью печенья до добавления порошка стевии (таблица 2). Но увеличение количества камеди более 1,0% в рецептуре печенья, как гуаровой, так и ксантановой, начинает снижать значения прочности. При увеличении количества гуаровой камеди от 1 до 3% значения прочности печенья снизились на 12,8%, а ксантановой – на 16,3%. Кроме того, камеди повышают влажность и намокаемость безглютенового печенья, значения

которых имеют незначительную тенденцию к возрастанию с увеличением количества камеди более 1,0%.

Заключение

Для разработки безглютенового печенья без сахара из песочного теста из смеси муки рисовой и кукурузной (40/60) использовали порошок стевии в различных количествах: 1,0; 2,0; 3,0%. Качество разрабатываемого печенья зависело от вида жирового компонента (маргарин или растительное масло) и количества порошка стевии.

Добавление порошка стевии в безглютеновое печенье с маргарином практически не оказало влияния на размеры печенья, но увеличило его влажность, снижая при этом значения намокаемости и прочности. Увеличение количества стевии более 1% в рецептуре печенья придавало ему более выраженную специфическую сладость стевии вплоть до горечи, и большее влияние на динамику физико-химических показателей качества.

Добавление порошка стевии в безглютеновое печенье с растительным маслом привело к необходимости уменьшения количества жирового компонента, формированию печенья расплывчатой формы и очень хрупкой текстуры, снижая его влажность, намокаемость и прочность. Для повышения его качества можно использовать гуаровую и ксантановую камеди, которые позволяют получить более мягкое печенье, большей толщины, влажности и намокаемости, стабилизировать прочность,

которая становится сравнима с печеньем с сахаром. Увеличение количества камеди более 1% приводит к большим изменениям показателей качества печенья, и зависит от вида камеди, что более выражено при использовании ксантановой камеди.

Вкус и запах безглютенового печенья не зависел от жирового компонента, а формировался в зависимости от количества порошка стевии. Основным критерием качества безглютенового печенья с порошком стевии в количестве 1,0% стало минимальная специфическая сладость.

Литература

- 1 Naseer B., Naik H.R., Hussain S.Z., Zargar I., Beenish, Bhat T.A., Nazir N. Effect of carboxymethyl cellulose and baking conditions on in-vitro starch digestibility and physico-textural characteristics of low glycemic index gluten-free rice cookies // *LWT – Food Science and Technology*. 2021. № 141. 110885. doi:10.1016/j.lwt.2021.110885
- 2 Paesani C., Bravo-Núñez Á., Gómez M. Effect of extrusion of whole-grain maize flour on the characteristics of gluten-free cookies // *LWT – Food Science and Technology*. 2020. № 132. 109931. doi:10.1016/j.lwt.2020.109931
- 3 Xu J., Zhang Y., Wang W., Li Y. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. № 103. P. 200–213. doi:10.1016/j.tifs.2020.07.017
- 4 Рензяева Т.В., Багирова М.Е. Печенье из рисовой муки для специализированного питания // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2017. № 1. С. 49–55.
- 5 Болдина А.А. и др. Разработка рецептуры и технологии производства безглютенового печенья с использованием рисовой муки // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2015. № 1. С. 220–225.
- 6 Sharma S., Saxena D.C., Riar Ch. S. Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets // *Journal of Cereal Science*. 2016. № 72. P. 153–161. doi:10.1016/j.jcs.2016.10.012
- 7 Жаркова И.М. и др. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами // *Вопросы детской диетологии*. 2017. № 15(6). С. 59–65. DOI: 10.20953/1727–5784–2017–6–59–65.
- 8 Козубаева Л.А., Кузьмина С.С., Вишняк М.М. Безглютеновое печенье из смеси рисовой и гречневой муки // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2010. № 7 (69). С. 62–65.
- 9 Kaur M., Sandhu K.S., Arora A.P., Sharma A. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties // *LWT-Food Science and Technology*. 2015. № 62 (1). P. 628–632. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.039
- 10 Demirkesen I. Formulation of chestnut cookies and their rheological and quality characteristics // *Journal of Food Quality*. 2016. № 39(4). P. 264–273. doi: 10.1111/jfq.12209
- 11 Hamdani A.M., Wani I.A., Bhat N.A. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya // *Food Bioscience*. 2020. № 35. 100541. doi:10.1016/j.fbio.2020.100541
- 12 Li Y., Sun Y., Zhong M., Xie F., Wang H., Li L. Digestibility, textural and sensory characteristics of cookies made from residues of enzyme-assisted aqueous extraction of soybeans // *Scientific Reports*. 2020. № 10(1). P. 1–8. doi:10.1038/s41598–020–61179–9
- 13 Christ-Ribeiro A., Chiattoni L.M., Mafaldo C.R.F., Badiale-Furlong E., de Souza-Soares L.A. Fermented rice-bran by *Saccharomyces cerevisiae*: Nutritious ingredient in the formulation of gluten-free cookies // *Food Bioscience*. 2021. № 40. 100859. doi:10.1016/j.fbio.2020.100859
- 14 Schmelter L., Rohm H., Struck S. Erratum to Gluten-free bakery products: Cookies made from different *Vicia faba* bean varieties // *Future Foods*. 2022. № 6. 100163. doi:10.1016/j.fufo.2022.100163
- 15 Sulieman A.A., Zhu K-X., Peng W., Hassan H.A., Mahdi A.A., Zhou H. – M. Influence of fermented and unfermented *Agaricus bisporus* polysaccharide flours on the antioxidant and structural properties of composite gluten-free cookies // *LWT – Food Science and Technology*. 2019. № 101. P. 835–846. doi:10.1016/j.lwt.2018.11.007
- 16 Jones A.L. The Gluten-Free Diet: Fad or Necessity? // *Diabetes Spectrum*. 2017. V. 30. № 2. P. 118–123. doi:10.2337/ds16–0022
- 17 Schmucker C. et al. Effects of a gluten-reduced or gluten-free diet for the primary prevention of cardiovascular disease. Review // *Cochrane Database Syst Rev*. 2022. № 2(2). CD013556. doi:10.1002/14651858.CD013556.pub2
- 18 Salazar V.A.G., Encalada S.V., Cruz A.C., Campos M.R.S. Stevia rebaudiana: A sweetener and potential bioactive ingredient in the development of functional cookies // *Journal of Functional Foods*. 2018. № 44. P. 183–190. doi:10.1016/j.jff.2018.03.007
- 19 Стрелкова А.К., Красина И.Б., Филиппова Е.В., Лысенко А.В. Влияние сахарозаменителей и пищевых волокон на текстурные свойства безглютенового теста и печенья // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021. № 2–3. С. 45–49. doi:10.26297/0579-3009.2021.2-3.11
- 20 Bukolt K., Ramirez N., Saenz A., Mirza K., Bhaduri S., Navder K. To measure the effectiveness of a stevia and Benefiber combination as a sugar replacer in oatmeal raisin cookies // *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2018. V. 118. № 9. A 55. doi:10.1016/J.JAND.2018.06.214
- 21 Olawoye B., Gbadamosi S.O., Otemuyiwa I.O., Akanbi Ch. T. Gluten-free cookies with low glycemic index and glycemic load: optimization of the process variables via response surface methodology and artificial neural network // *Heliyon*. 2020. № 6. e05117. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05117
- 22 Rakmai Ja., Haruthaithanasan V., Chompreeda P., Chatakanonda P., Yonkoksung U. Development of gluten-free and low glycemic index rice pancake: Impact of dietary fiber and low-calorie sweeteners on texture profile, sensory properties, and glycemic index // *Food Hydrocolloids for Health*. 2021. № 1. 100034. doi:10.1016/j.fhfh.2021.100034

- 23 Мезенова О.Я., Казакова О.Н. Моделирование рецептуры диабетического печенья с добавлением стевии и топинамбура // Вестник Международной академии холода. 2010. № 4. С. 23–26.
- 24 Luo X., Arcot J., Gill T., Louie J.C.Y., Rangan A. (). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. № 86. P. 412–425. doi:10.1016/j.tifs.2019.02.051
- 25 Ahmad J. et al. Stevia rebaudiana Bertoni.: an updated review of its health benefits, industrial applications and safety // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. № 100. P. 177–189. doi:10.1016/j.tifs.2020.04.030
- 26 Ahmad U., Ahmad R. Sh. Nutritional, Physicochemical and Organoleptic Evaluation of Low Calorie Muffins Using Natural Sweetener Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) // *Journal of Nutrition & Food Sciences*. 2018. V. 8. № 2. 1000673. doi:10.4172/2155-9600.1000673
- 27 Нилова Л.П. Выготовов А.А., Малютенкова С.М., Лабойко И.Ю. Проблемы безопасности хлебобулочных изделий: трансизомеры жирных кислот // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2017. Т. 5. № 2. С. 78–86. doi:10.14529/food170210
- 28 Gharai Z. et al. Gum tragacanth oil/gels as an alternative to shortening in cookies: Rheological, chemical and textural properties // *LWT – Food Science and Technology*. 2019. № 105. P. 265–271. doi: 10.1016/j.lwt.2019.02.025.
- 29 Nilova L. et al. An investigation into the effects of bioactive substances from vegetable oils on the antioxidant properties of bakery products // *Agronomy Research*. 2017. V.15. № S2. P.1399–1410. doi:10.15159/AR.18.055
- 30 Barragán-Martínez L.P., Román-Guerrero A., Vernon-Carter E.J., Alvarez-Ramirez J. Impact of fat replacement by a hybrid gel (canola oil/candelilla wax oleogel and gelatinized corn starch hydrogel) on dough viscoelasticity, color, texture, structure, and starch digestibility of sugar-snap cookies // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2022. № 29. 100563. doi:10.1016/j.ijgfs.2022.100563
- 31 Perez-Santana M., Cagampang G.B., Gu L., MacIntosh I.A. S., Percival S.S., MacIntosh A.J. Characterization of physical properties and retention of bioactive compounds in cookies made with high oleic red palm olein // *LWT – Food Science and Technology*. 2021. № 147. P. 111499. doi:10.1016/j.lwt.2021.111499
- 32 Рензяева Т.В. и др. Мука различных видов в технологии мучных кондитерских изделий // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 2. С. 407–416. doi:10.21603/2074-9414-2022-2-2373
- 33 Mudgil D., Barak Sh., Khatkar B.S. Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels // *LWT – Food Science and Technology*. 2017. № 80. P. 537–542. doi:10.1016/j.lwt.2017.03.009
- 34 Samakradhamrongthai R.S., Maneechot S., Wangpankhajorn P., Jannu T., Renaldi G. Polydextrose and guar gum as a fat substitute in rice cookies and its physical, textural, and sensory properties // *Food Chemistry Advances*. 2022. №. 100058. doi:10.1016/j.focha.2022.100058


References

- 1 Naseer B., Naik H.R., Hussain S.Z., Zargar I., Beenish, Bhat T.A., Nazir N. Effect of carboxymethyl cellulose and baking conditions on in-vitro starch digestibility and physico-textural characteristics of low glycemic index gluten-free rice cookies. *LWT – Food Science and Technology*. 2021. no 141. 110885. doi:10.1016/j.lwt.2021.110885
- 2 Paesani C., Bravo-Núñez Á., Gómez M. Effect of extrusion of whole-grain maize flour on the characteristics of gluten-free cookies. *LWT – Food Science and Technology*. 2020. no 132. 109931. doi:10.1016/j.lwt.2020.109931
- 3 Xu J., Zhang Y., Wang W., Li Y. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. no 103. pp. 200–213. doi:10.1016/j.tifs.2020.07.017
- 4 Renzyaeva T.V., Bakirova M.E. Cookies from rice flour for specialized food. «Technologies of Food and Processing Industries of Agro-industrial Complex – Healthy Food». 2017. no 1. pp. 49–55 (in Russian).
- 5 Boldina A.A., Rud M. Yu. Development of a recipe and technology for the production of gluten-free cookies using rice flour. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2015. no 1. pp. 220–225 (in Russian).
- 6 Sharma S., Saxena D.C., Riar Ch. S. Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets. *Journal of Cereal Science*. 2016. no 72. pp. 153–161. doi:10.1016/j.jcs.2016.10.012
- 7 Zharkova I.M., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A., Slepokurova Yu. I., Roslyakov Yu. F., Koryachkina S. Ya., Gustinovich V.G. Optimizing a gluten-free diet with new food. *Pediatric Nutrition*. 2017. no 15(6). pp. 59–65. doi: 10.20953/1727-5784-2017-6-59-65 (in Russian).
- 8 Kozubaeva L.A., Kuzmina S.S., Vishnyak M.M. Gluten-free cookies made from a mixture of rice and buckwheat flour. *Bulletin of the Altai State Agriculture University*. 2010. no 7 (69). pp. 62–65 (in Russian).
- 9 Kaur M., Sandhu K.S., Arora A.P., Sharma A. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT-Food Science and Technology*. 2015. no 62 (1). pp. 628–632. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.039
- 10 Demirkesen I. Formulation of chestnut cookies and their rheological and quality characteristics. *Journal of Food Quality*. 2016. no 39(4). pp. 264–273. doi: 10.1111/jfq.12209
- 11 Hamdani A.M., Wani I.A., Bhat N.A. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya. *Food Bioscience*. 2020. no 35. 100541. doi:10.1016/j.fbio.2020.100541
- 12 Li Y., Sun Y., Zhong M., Xie F., Wang H., Li L. Digestibility, textural and sensory characteristics of cookies made from residues of enzyme-assisted aqueous extraction of soybeans. *Scientific Reports*. 2020. no 10(1). pp. 1–8. doi:10.1038/s41598-020-61179-9


- 13 Christ-Ribeiro A., Chiattoni L.M., Mafaldo C.R.F., Badiale-Furlong E., de Souza-Soares L.A. Fermented rice-bran by *Saccharomyces cerevisiae*: Nutritious ingredient in the formulation of gluten-free cookies. Food Bioscience. 2021. no 40. 100859. doi:10.1016/j.fbio.2020.100859
- 14 Schmelter L., Rohm H., Struck S. Erratum to Gluten-free bakery products: Cookies made from different *Vicia faba* bean varieties. Future Foods. 2022. no 6. 100163. doi:10.1016/j.fufo.2022.100163
- 15 Sulieman A.A., Zhu K-X., Peng W., Hassan H.A., Mahdi A.A., Zhou H. – M. Influence of fermented and unfermented Agaricus bisporus polysaccharide flours on the antioxidant and structural properties of composite gluten-free cookies. LWT – Food Science and Technology. 2019. no 101. pp. 835–846. doi:10.1016/j.lwt.2018.11.007
- 16 Jones A.L. The Gluten-Free Diet: Fad or Necessity? Diabetes Spectrum. 2017. vol. 30. no 2. pp. 118–123. doi:10.2337/ds16-0022
- 17 Schmucker C., Eisele-Metzger A., Meerpohl J.J., Lehane C., Kuellenberg de Gaudry D., Lohner S., Schwingshackl L. Effects of a gluten-reduced or gluten-free diet for the primary prevention of cardiovascular disease. Review. Cochrane Database Syst Rev. 2022. no 2(2). CD013556. doi:10.1002/14651858.CD013556.pub2
- 18 Salazar V.A.G., Encalada S.V., Cruz A.C., Campos M.R.S. Stevia rebaudiana: A sweetener and potential bioactive ingredient in the development of functional cookies. Journal of Functional Foods. 2018. no 44. pp. 183–190. doi:10.1016/j.jff.2018.03.007
- 19 Strelkova A.K., Krasina I.B., Filippova E.V., Lysenko A.V. The effect of sweeteners and dietary fiber on the textural properties of gluten-free dough and cookies. News of higher educational institutions. Food technology. 2021. no 2–3. pp. 45–49. doi:10.26297/0579–3009.2021.2–3.11 (in Russian).
- 20 Bukolt K., Ramirez N., Saenz A., Mirza K., Bhaduri S., Navder K. To measure the effectiveness of a stevia and Benefiber combination as a sugar replacer in oatmeal raisin cookies. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2018. vol. 118. no 9. A 55. doi:10.1016/J.JAND.2018.06.214
- 21 Olawoye B., Gbadamosi S.O., Otemuyiwa I.O., Akanbi Ch. T. Gluten-free cookies with low glycemic index and glycemic load: optimization of the process variables via response surface methodology and artificial neural network. Heliyon. 2020. no 6. e05117. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05117
- 22 Rakmai Ja., Haruthaithanasan V., Chompreeda P., Chatakanonda P., Yonkoksung U. Development of gluten-free and low glycemic index rice pancake: Impact of dietary fiber and low-calorie sweeteners on texture profile, sensory properties, and glycemic index. Food Hydrocolloids for Health. 2021. no 1. 100034. doi:10.1016/j.fhfh.2021.100034
- 23 Mezenova O. Ya., Kazakova O.N. Modeling the recipe for diabetic cookies with the addition of stevia and Jerusalem artichoke. Journal International Academy of Refrigeration. 2010. no 4. pp. 23–26. (in Russian).
- 24 Luo X., Arcot J., Gill T., Louie J.C.Y., Rangan A. A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. Trends in Food Science & Technology. 2019. no 86. pp. 412–425. doi:10.1016/j.tifs.2019.02.051
- 25 Ahmad J., Khan I., Blundell R., Azzopardi Jo., Mahomoodally M.F. Stevia rebaudiana Bertoni.: an updated review of its health benefits, industrial applications and safety. Trends in Food Science & Technology. 2020. no 100. pp. 177–189. doi:10.1016/j.tifs.2020.04.030
- 26 Ahmad U., Ahmad R. Sh. Nutritional, Physicochemical and Organoleptic Evaluation of Low Calorie Muffins Using Natural Sweetener Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni). Journal of Nutrition & Food Sciences. 2018. V. 8. no 2. 1000673. doi: 10.4172/2155–9600.1000673
- 27 Nilova L.P. Vytovtov A.A., Malyutenkova S.M., Laboyko I. Yu. Safety problems of bakery products: trans-isomers of fatty acids. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies. 2017. vol. 5. no 2. pp. 78–86. (in Russian) doi:10.14529/food170210
- 28 Gharai Z., Hossein Azizi M., Barzegar M., Gavligi H.A. Gum tragacanth oil/gels as an alternative to shortening in cookies: Rheological, chemical and textural properties. LWT – Food Science and Technology. 2019. no 105. pp. 265–271. doi: 10.1016/j.lwt.2019.02.025.
- 29 Nilova L., Pilipenko T., Malyutenkova S. An investigation into the effects of bioactive substances from vegetable oils on the antioxidant properties of bakery products. Agronomy Research. 2017. V.15. no S2. pp.1399–1410. doi:10.15159/AR.18.055
- 30 Barragán-Martínez L.P., Román-Guerrero A., Vernon-Carter E.J., Alvarez-Ramirez J. Impact of fat replacement by a hybrid gel (canola oil/candelilla wax oleogel and gelatinized corn starch hydrogel) on dough viscoelasticity, color, texture, structure, and starch digestibility of sugar-snap cookies. International Journal of Gastronomy and Food Science. 2022. no 29. 100563. doi:10.1016/j.ijgfs.2022.100563
- 31 Perez-Santana M., Cagampang G.B., Gu L., MacIntosh Ia. S., Percival S.S., MacIntosh A.J. Characterization of physical properties and retention of bioactive compounds in cookies made with high oleic red palm olein. LWT – Food Science and Technology. 2021. no 147. pp. 111499. doi:10.1016/j.lwt.2021.111499
- 32 Renzyaeva T.V., Tuboltseva A.S., Renzyaev A.O. Various Flours in Pastry Production Technology. Food Processing: Techniques and Technology. 2022. vol. 52. no 2. pp. 407–416. (in Russian). doi:10.21603/2074–9414–2022–2–2373
- 33 Mudgil D., Barak Sh., Khatkar B.S. Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. LWT – Food Science and Technology. 2017. no 80. pp. 537–542. doi:10.1016/j.lwt.2017.03.009
- 34 Samakradhamrongthai R.S., Maneechot S., Wangpankhajorn P., Jannu T., Renaldi G. Polydextrose and guar gum as a fat substitute in rice cookies and its physical, textural, and sensory properties. Food Chemistry Advances. 2022. no 1. 100058. doi:10.1016/j.focha.2022.100058

Сведения об авторах


Людмила П. Нилова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, nilova_l_p@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5154-7095>

Светлана М. Малютенкова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, smal2011@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8081-6688>

Людмила Н. Шмакова к.т.н., доцент, Кировский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. К. Маркса, 112, г. Киров, 610027, Россия, zontik-34@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2998-1909>

Вклад авторов

Людмила П. Нилова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Светлана М. Малютенкова провёл эксперимент, выполнил расчёты


Людмила Н. Шмакова предложил методику проведения эксперимента, консультация в ходе исследования

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors


Liudmila P. Nilova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, nilova_l_p@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5154-7095>

Svetlana M. Malyutenkova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, smal2011@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8081-6688>

Liudmila N. Shmakova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Management and Commodity Science, Kirov State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, st. K. Marx, 112, Kirov, 610027, Russia, zontik-34@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2998-1909>

Contribution

Liudmila P. Nilova review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Svetlana M. Malyutenkova conducted an experiment, performed computations

Liudmila N. Shmakova proposed a scheme of the experiment and organized production trials, consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/09/2022	После редакции 12/10/2022	Принята в печать 22/10/2022
Received 20/09/2022	Accepted in revised 12/10/2022	Accepted 22/10/2022