

УДК 664.87

Поступила в редакцию 09.07.2025
Received 09.07.2025**М. Н. Василевская, И. А. Машкова, Т. В. Прохорцова***Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ САХАРА ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ
С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НУТРИЕНТОВ ПО
УГЛЕВОДНОМУ ПРОФИЛЮ**

Аннотация. Исследования возможности производства мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов по углеводному профилю включали: изучение рынка доступных к использованию углеводсодержащих сырьевых компонентов для замены сахара в рецептурах мучных кондитерских изделий; анализ нормативной документации, регламентирующей использование заменителей сахарозы при производстве кондитерской продукции, и определение дозировок подсластителей, разрешенных ТР ТС 029/2012 к использованию при производстве мучных кондитерских изделий; анализ характеристик и показателей качества подсластителей и наполнителей, используемых в исследованиях, в сравнении с сахарозой. На основании полученных результатов предложены к использованию образцы низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с различными наполнителями; рассчитаны рецептурные составы сдобного песочно-выемного печенья с заменой сахара на предлагаемые сырьевые ингредиенты. Проведен анализ показателей качества тестовых полуфабрикатов и выпеченных образцов сдобного песочно-выемного печенья с заменой сахара в рецептурном составе. Определены наиболее перспективные варианты низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями для замены сахара в рецептуре мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов по углеводному профилю.

Ключевые слова: сахароза, низкокалорийные объемные подсластители, высокоинтенсивные подсластители, наполнители, рецептурный состав, тестовые полуфабрикаты, структурно-механические свойства, показатели качества.

M. N. Vasileuskaya, I. A. Mashkova, T. V. Prakhartsova*Educational institution «Belarusian State University of Food and Chemical Technologies»,
Mogilev, Republic of Belarus***STUDY OF THE POSSIBILITY OF REPLACING SUCROSE IN THE
MANUFACTURING OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS WITH
DIFFERENTIATED NUTRIENT CONTENT BY CARBOHYDRATE PROFILE**

Abstract. Studies of the possibility of producing flour confectionery products with a differentiated content of the main nutrients in terms of carbohydrate profile included: studying the market for carbohydrate-containing raw components available for use to replace sugar in flour confectionery recipes; analysis of regulatory documentation regulating the use of sucrose substitutes in the production of confectionery products, and determination of the dosages of sweeteners permitted by TR CU 029/2012 for use in the production of flour confectionery; analysis of characteristics and quality attributes of sweeteners and excipients used in the studies versus sucrose. Based on the results obtained, samples of low-calorie bulk sweeteners and high-intensity sweeteners in combination with various excipients are proposed for use; recipe compositions of soft sand-extraction biscuits are calculated with sugar replacement with the offered raw ingredients. Analysis of quality indicators of test semi-finished products and baked samples of pastry-and-cut cookies with sugar replacement in the recipe composition was carried out. The most promising versions of low-calorie bulk sweeteners

and high-intensity sweeteners in combination with fillers for sugar replacement in the formula of flour confectionery products with differentiated content of main nutrients in carbohydrate profile are determined.

Keywords: sucrose, low-calorie bulk sweeteners, high-intensity sweeteners, fillers, recipe composition, dough semi-finished products, structural and mechanical properties, quality indicators.

Введение. В последние десятилетия вопросы здорового питания рассматриваются на государственном уровне, что объясняется широким распространением так называемых «алиментарных» заболеваний, связанных с нарушениями пищевого статуса населения. К таким заболеваниям относятся: сахарный диабет, нарушения углеводного обмена веществ, а также различные заболевания, обуславливающие избыточную массу тела человека. В настоящее время наблюдается чрезмерное потребление рафинированных продуктов питания, в том числе мучных кондитерских изделий (далее МКИ), характеризующихся высоким содержанием простых углеводов, что и провоцирует возникновение и развитие указанных заболеваний. Вместе с тем, высокая популярность МКИ у потребителей делает их перспективным объектом для разработки диетических или обогащенных продуктов питания, в том числе с пониженным содержанием легкоусвояемых углеводов, и удовлетворяющих запросу потребителей на диабетическое или здоровое питание [1, 2].

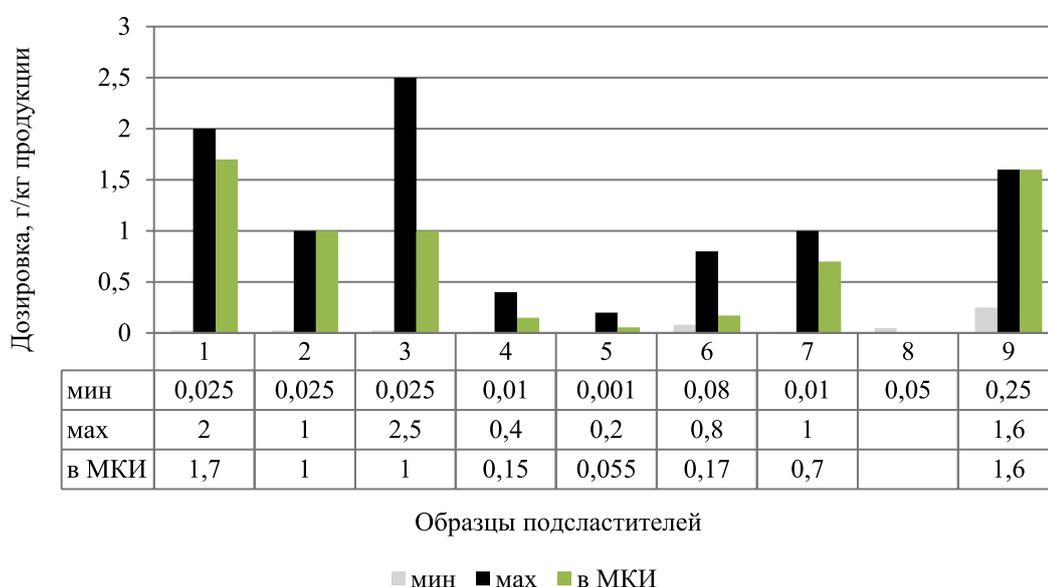
Мучные кондитерские изделия составляют значительную часть в структуре питания населения, причем печенье — наиболее популярный вид этих изделий. Печенье обладает высокими потребительскими характеристиками: разнообразием формы, достаточно высокой калорийностью, хорошей усвояемостью, приятным вкусом и ароматом, доступностью и удобством в употреблении. В печенье достаточно высокое содержание углеводов и жиров при недостаточном количестве белков, витаминов и минеральных веществ. Во многих случаях МКИ не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам с точки зрения диетологии и здорового питания. В связи с этим исследования, направленные на разработку рецептурного состава печенья, позволяющие дифференцировать его нутриентный состав по углеводному профилю, являются актуальными. Одним из направлений таких исследований является снижение доли простых легкоусвояемых углеводов в готовой продукции путем замены сахара в рецептурном составе печенья на ингредиенты, характеризующиеся достаточной сладостью и при этом низким гликемическим индексом, а также пониженной калорийностью [3–5].

Целью исследований являлось изучение научных и технологических аспектов замены сахарозы в рецептуре мучных кондитерских изделий в сегменте сдобного песочно-выемного печенья доступными углеводсодержащими сырьевыми компонентами, в том числе в виде комплексных составов, для получения готовой продукции с дифференцированным содержанием нутриентов по углеводному профилю.

Материалы и методы исследований. В работе использовали стандартные и специальные методы исследований полуфабрикатов и выпеченного сдобного песочно-выемного печенья: органолептические и структурно-механические показатели качества тестовых полуфабрикатов печенья исследовали в соответствии с методиками [6–9]; показатели качества выпеченных образцов печенья анализировали в соответствии с методиками [8–12]. Обработку экспериментальных данных и графическую интерпретацию полученных результатов осуществляли с помощью приложений Microsoft Office для Windows XP.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований был проведен анализ ассортимента доступных ингредиентов для замены сахара, представленных на продовольственном рынке Республики Беларусь. Установлено, что перечень такого сырья достаточно разнообразен, а предлагаемые ингредиенты могут использоваться в качестве замены сахара как при производстве пищевых продуктов, так и непосредственно для замены обычного сахара в процессе жизнедеятельности конкретного потребителя при бытовом потреблении. Среди них можно выделить так называемые натуральные заменители сахара, такие как стевия, эритритол, ксилитол, трегалоза, изомальтулоза, а также искусственные высокоинтенсивные подсластители, например, аспартам, цикламат и сукралоза, ацесульфам калия. Стоимость заменителей сахара колеблется от 9,8 рублей до 197,02 руб за кг, что значительно выше стоимости сахара, поэтому использование заменителей сахара при включении их в рецептурные составы кондитерских изделий приведет к увеличению стоимости готовой продукции. Однако, использование заменителей сахара может быть оправдано необходимостью снижения гликемического индекса и/или энергетической ценности продукции, а также необходимостью изготовления продукции для диабетического питания.

Ингредиенты для замены сахара позволяют снизить калорийность продуктов, однако при их использовании у потребителей могут проявляться побочные эффекты, что требует индивидуального подхода при выборе такого сырья, и является проблематичным при массовом производстве продукции. На сегодняшний день принято считать, что заменители сахара натурального происхождения более безопасны для здоровья, при этом они содержат меньше калорий и в меньшей степени повышают уровень глюкозы в крови в сравнении с сахаром, что дает возможность использовать их для замены сахара при производстве пищевых продуктов, в том числе и в продукции для диабетического питания [13–18]. Вместе с тем имеется достаточно широкий перечень разрешенных к использованию заменителей сахара искусственного происхождения, характеризующихся очень высокой возможностью снижать калорийность продуктов питания, и при этом имеющих низкий гликемический индекс. В связи с этим при выполнении исследований был проведен анализ нормативно-технической документации, устанавливающей гигиенические нормативы применения подсластителей для замены сахара при производстве пищевой продукции [19]. На рисунке 1 представлены рекомендуемые согласно ТР ТС 029/2012 минимальные и максимальные уровни применения подсластителей при изготовлении пищевой продукции, за исключением БАД и жевательной резинки.



1 — аспартам; 2 — аспартам-ацесульфама соль; 3 — ацесульфам калия; 4 — неогесперидин дигидрохалкон; 5 — неотам; 6 — сахарин и его соли; 7 — сукралоза; 8 — тауматин; 9 — цикламовая кислота и ее соли

Рис. 1. Допустимые дозировки применения подсластителей при производстве пищевой продукции
 Fig. 1. Permissible dosages of sweeteners in the production of food products

Данные рисунка 1 показывают, что дозировки подсластителей обусловлены главным образом, показателями безопасности и безвредности для потребителей. Анализ представленных результатов показал, что дозировки подсластителей при производстве мучных кондитерских изделий близки к максимальным дозировкам этих ингредиентов при изготовлении пищевой продукции. При этом следует отметить, что в наибольших количествах используются такие подсластители как соль аспартам-ацесульфама и аспартам, в минимальных неотам, неогесперидин дигидрохалкон, а также сахарин и его соли, что обусловлено, в том числе, и степенью сладости подсластителей. Следует отметить, что ТР ТС 029/2012 не регламентирует дозировки полиолов и мальтитного сиропа в рецептурах пищевой продукции и кондитерских изделий в том числе. Относительно этих веществ указано, что их максимальный уровень содержания устанавливается согласно технической документации на разрабатываемую продукцию. В случае низкокалорийных объемных подсластителей (изомальт и др.) ТР ТС 029/2012 разрешает их использование для замены сахарозы в пищевых продуктах, при этом не регламентирует их дозировки и в рецептурах кондитерской продукции в том числе.

Анализ литературных источников показал, что ингредиенты для замены сахара различаются природой происхождения, химическим составом и строением, что сказывается на их степени сладости, функциональных и технологических свойствах, проявляющихся при изготовлении пищевой продукции [13–18]. Это необходимо учитывать при целевом выборе сырья для замены сахара при производстве различных групп кондитерской продукции. Опираясь на теоретические знания и производственный опыт с учетом специфики изготовления МКИ, выделили следующие необходимые с технологической позиции факторы, определяющие использование заменителей сахара в рецептурах МКИ:

- ♦ сахар выполняет структурообразующую функцию при приготовлении тестовых полуфабрикатов МКИ, поэтому и используемый заменитель сахара также должен участвовать в процессе структурообразования теста;
- ♦ при выпечке МКИ применяются достаточно высокие температуры, поэтому необходимо учесть термическую стабильность заменителей сахара в используемом температурном диапазоне (150–220 °С);
- ♦ при производстве МКИ желательным является протекание реакции Майяра, в результате которой образуется привычный для потребителей золотистый или светло-коричневый цвет готовой продукции, поэтому используемый заменитель сахара также должен участвовать в реакции Майяра.

В связи с этим, при выборе ингредиента для замены сахара в рецептурном составе МКИ необходимо учитывать не только его степень сладости, но и технологические свойства. Кроме того, так как в большинстве случаев подсластители являются пищевыми добавками, то необходимо учитывать допустимые уровни содержания этих веществ в готовой продукции, регламентированные нормативно-технической документацией [18, 19].

Вместе с тем, согласно представленным на рисунке 1 данным, дозировки веществ, заменяющих сахар в рецептурах МКИ, достаточно малы, и это обуславливает необходимость корректировки рецептурного состава продукции путем введения дополнительных ингредиентов, так называемых наполнителей, предназначенных для восполнения сухих веществ исключаемого из рецептуры сахара. Это указывает на необходимость разработки комплексных составов углеводсодержащих сырьевых компонентов в рецептурах МКИ, содержащих заменитель сахара и наполнитель, основные функции которого заключаются в восполнении недостающих сухих веществ сахарозы, а также обеспечении структурно-механических свойств тестовых полуфабрикатов и качества готовой продукции.

При проведении исследований в качестве подсластителей в рецептурах сдобного печенья использовали: низкокалорийные объемные подсластители — трегалозу, изомальт и мальтит, а так же изомальтулозу, формально не относящуюся к подсластителям; высокоинтенсивные подсластители — сукралозу и ацесульфам калия; наполнители — инулин, мальтодекстрин, полидекстроза. В исследованиях определяли показатели качества, характеристики и технологические свойства применяемых углеводсодержащих сырьевых компонентов. Принятые в исследованиях заменители сахара и наполнители анализировали по органолептическим показателям качества, способности участвовать в реакции Майяра, способности стабилизировать эмульсию. Такие характеристики как степень сладости, температура плавления, стабильность при хранении, энергетическая ценность и допустимая норма суточного потребления устанавливались на основании литературных и справочных данных [13–18]. Органолептические показатели качества, характеристика и физико-химические свойства принятых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей представлены в таблицах 1–3.

Анализ представленных данных показал, что используемые в исследованиях сырьевые компоненты имеют множество отличительных особенностей. По органолептическим показателям качества подсластители и наполнители представляют собой порошкообразные или кристаллические продукты различного гранулометрического состава. Цвет образцов характеризуется как белый, за исключением полидекстрозы, которая имеет желтоватый оттенок. Все предлагаемые к использованию ингредиенты, за исключением мальтодекстрина, характеризуются определенной степенью сладости, что необходимо учитывать при разработке рецептурного состава с учетом органолептических показателей качества готовой продукции. Следует отметить, что гликемический отклик всех предлагаемых в исследованиях веществ ниже в сравнении с сахарозой, при этом для интенсивных подсластителей данная характеристика не установлена. Также все предлагаемые ингредиенты, за исключением трегалозы, характеризуются низкой энергетической ценностью в сравнении с сахарозой. При этом следует отметить, что имеются ограничения по суточному потреблению некоторых подсластителей и наполнителей.

Таблица 1. Органолептические показатели качества принятых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей
Table 1. Organoleptic quality indicators of sugar substitutes and fillers adopted in studies

Наименование образца	Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах
Низкокалорийные объемные подсластители				
Трегалоза	порошкообразный продукт	белый	сладкий	свойственный, без постороннего
Изомальтулоза*				
Изомальт	крупные кристаллы	белый		
Мальтит	мелкие кристаллы	белый		
Высокоинтенсивные подсластители				
Ацесульфам калия	мелкие кристаллы	белый	сладкий с горьковатым привкусом	свойственный, без постороннего
Сукралоза	порошкообразный продукт	белый	сладкий	
Наполнители				
Инулин	порошкообразный продукт	белый	сладкий	свойственный, без постороннего
Полидекстроза	порошкообразный продукт	белый с желтым оттенком	сладковатый	
Мальтодекстрин	порошкообразный продукт	белый	нейтральный	

* изомальтулоза используется в качестве сырьевого компонента для замены сахара, однако согласно нормативно-технической документации не относится к низкокалорийным объемным подсластителям.

Таблица 2. Характеристика используемых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей в сравнении с сахарозой

Table 2. Characteristics of sugar substitutes and fillers used in studies in comparison with sucrose

Наименование образца	Относительная сладость	Гликемический отклик*/ степень	Энергетическая ценность, ккал/г	Допустимая норма ежедневного потребления
Сахароза	1,0	68/средняя	4,0	не установлено
Трегалоза	0,5	72/высокая	4,0	не установлено
Изомальтулоза	0,4–0,45	37/очень низкая	2,4–4,0	не установлено, обладает слабительным эффектом в дозировке 20–30 г/сут
Изомальт	0,4–0,6	9/очень низкая	2,4	не установлено
Мальтит	0,9	45/низкая	2,4	не установлено, обладает слабительным эффектом в дозировке 90 г/сут
Ацесульфам калия	130–200	не установлено	–	15 мг/кг массы тела
Сукралоза	400–800	не установлено	–	15 мг/кг массы тела
Инулин	0,3–0,65	4/очень низкая	1,0–1,5	20 г/сут**
Полидекстроза	0,5	5/очень низкая	1,0–2,0	не установлено, обладает слабительным эффектом в дозировке 90 г/сут
Мальтодекстрин	–	10/очень низкая	1,0–1,5	10–20 г/сут**

* относительный гликемический отклик (отклик на глюкозу принят за 100);

** рекомендованная норма потребления, так как нет данных по допустимой норме ежедневного потребления.

Таблица 3. Физико-химические свойства используемых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей в сравнении с сахарозой

Table 3. Physicochemical properties of sugar substitutes and fillers used in research in comparison with sucrose

Наименование образца	Вкусовой профиль	Температура плавления, °С	Растворимость в воде	Участие в реакции Майяра
Сахароза	чистый	160–186	67 % масс/масс при 25 °С	участвует
Трегалоза	чистый	выше 150	68,9 г/100 см ³ при 20 °С	не участвует
Изомальтулоза	чистый	145–150	29 % масс/об при 20 °С	участвует
Изомальт	чистый	145–150	24,5 % масс/масс. при 25 °С	не участвует
Мальтит	небольшой охлаждающий эффект	144–152	60 % масс/масс. при 25 °С	не участвует
Ацесульфам калия	чистый, в высокой концентрации горьковатый привкус	выше 220	270 г/дм ³ при 20 °С	не участвует
Сукралоза	чистый	125	28,2 г/100см ³ при 20 °С	–
Инулин	чистый	выше 150	10 % масс/масс. при 20 °С	участвует
Полидекстроза	–	90–110	80 % масс/масс. при 25 °С	участвует
Мальтодекстрин	–	–	–	–

Анализ физико-химических свойств используемых в исследованиях подсластителей и наполнителей в сравнении с сахарозой показал, что в зависимости от химического состава и строения рассматриваемые образцы отличаются растворимостью, температурой плавления, участием в реакции Майяра. Также в случае мальтита и ацесульфама калия имеются отличительные особенности вкусового профиля, что необходимо учитывать при их использовании в рецептурном составе МКИ.

В работе исследовали влияние заменителей сахара на стабильность эмульсии, используемой при приготовлении тестовых полуфабрикатов. При проведении исследований сахар в рецептурах был полностью заменен на используемые подсластители, дозировка которых устанавливалась с учетом их коэффициента сладости. Исследования проводили на примере эмульсии для сдобного песочно-выемного печенья. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

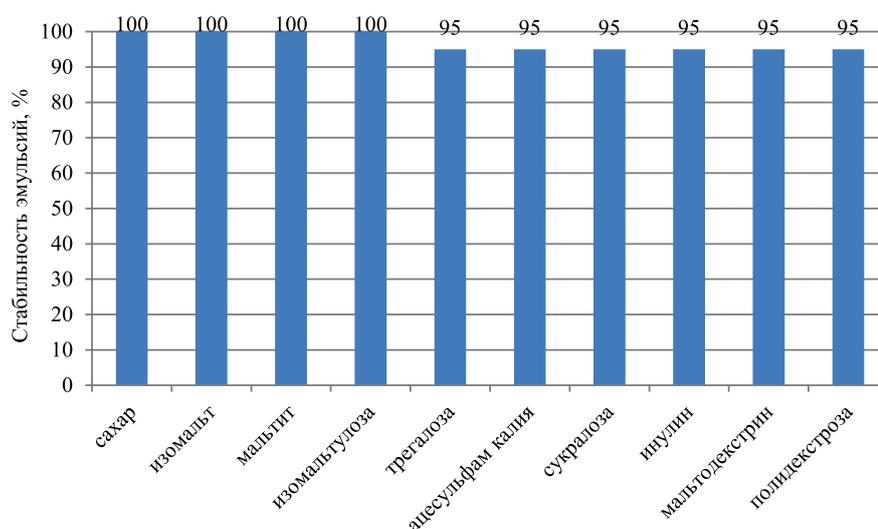


Рис. 2. Стабильность эмульсий для печенья на заменителях сахара

Fig. 2. Stability of emulsions for cookies with sugar substitutes

Анализ полученных данных показал, что замена сахара на предлагаемые подсластители практически не оказывает влияния на стабильность эмульсии для сдобного песочно-выемного печенья, что, вероятно, не потребует корректировки технологических параметров на стадии приготовления тестовых полуфабрикатов для печенья.

Реакция Майяра является следствием взаимодействия реакционной группы сахаров с азотистыми, преимущественно белковыми, соединениями в условиях высокой температуры, в результате чего поверхность выпеченной продукции приобретает приятную окраску, что особенно ценится потребителями. В работе исследовали влияние заменителей сахара на интенсивность окраски выпеченных образцов печенья, которую оценивали в баллах в соответствии с разработанной шкалой. При проведении исследований готовили тесто из всего сырья, согласно принятой в исследованиях рецептуры, в которой сахар заменяли на предлагаемые подсластители, дозировка которых определялась с учетом их степени сладости. Выпечку образцов осуществляли в ротационной печи при температуре $(190 \pm 10)^\circ\text{C}$ с использованием режима конвекции. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

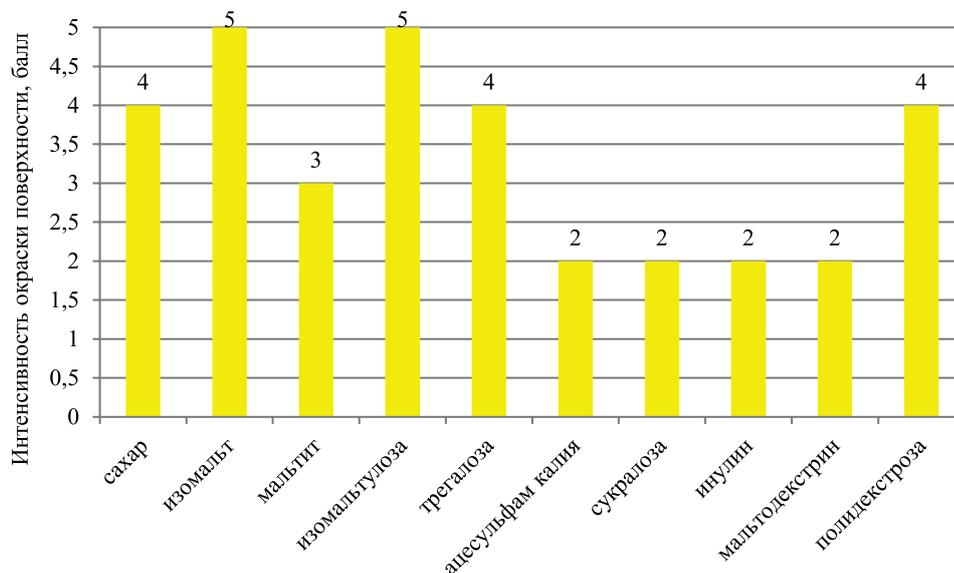


Рис. 3. Интенсивность окраски выпеченных образцов печенья на заменителях сахара
 Fig. 3. Colour intensity of baked biscuits samples with sugar substitutes

Установлено, что низкокалорийные объемные подсластители, особенно изомальт, а также изомальтулоза, обуславливают насыщенную окраску поверхности печенья вследствие интенсивно протекающей реакции Майяра. Использование мальтита в меньшей степени влияет на окраску поверхности выпеченного печенья. Высокоинтенсивные подсластители и наполнители, за исключением полидекстрозы, практически не участвуют в реакции Майяра, в результате чего поверхность выпеченных образцов печенья характеризуется недостаточно насыщенной окраской. Полученные результаты указывают на необходимость ограничения использования некоторых заменителей сахарозы в рецептурах МКИ, а также на возможную корректировку температурных режимов при выпечке печенья с их использованием.

В исследованиях был проведен анализ рецептов сдобного печенья, представленных в сборнике технологических карт кондитерских и булочных изделий [19]. Установлены диапазоны варьирования расхода муки пшеничной, жирового продукта, сахара, меланжа на 1000 кг готовой продукции. При выборе рецептуры сдобного песочно-выемного печенья учитывали, что суммарное содержание массовой доли сахара и жира в пересчете на сухое вещество в готовом сдобном печенье, согласно требований СТБ 2434, должно составлять не менее 40 % [20]. Для проведения исследований выбрана рецептура сдобного песочно-выемного печенья «Штучное», которая соответствовала вышеуказанным критериям и использовалась для изготовления печенья с заменой сахара на принятые в исследованиях углеводсодержащие ингредиенты.

На следующем этапе исследований изучали возможность замены сахара в рецептуре печенья на предлагаемые подсластители, дозировки которых определялись на основании степени их сладости и рассчитывались с учетом необходимости полной замены сухих веществ сахара в рецептуре сдобного песочно-выемного печенья, содержание которого в контрольной рецептуре составляло 61,35 г на 100 г муки. Так, низкокалорийные объемные подсластители

использовались в следующих дозировках: трегалоза (далее Т) 123,08 г на 100 г муки, изомальтулоза (далее ИЗ) 136,33 г на 100 г, изомальт (далее И) 122,07 г на 100 г муки, мальтит (далее М) 68,17 г на 100 г муки. При использовании высокоинтенсивных подсластителей применяли следующие дозировки: сукралоза (далее С) в количестве 0,05 г на 100 г муки и ацесульфам калия (далее А) в количестве 0,31 г на 100 г муки, при этом кроме того необходимое количество сухих веществ исключаемого сахара восполняли наполнителями. С этой целью высокоинтенсивные подсластители комбинировали с инулином (далее И), мальтодекстрином (далее М) и полидекстрозой (далее П), дозировки которых составляли 20,0 г, 20,0 г и 50,0 г соответственно, оставшиеся сухие вещества заменяемого сахара восполняли сухими веществами муки пшеничной. Следует пояснить, что при использовании инулина и мальтодекстрина дозировки в рецептуре печенья ограничены допустимой суточной нормой потребления. Тесто готовили в соответствии с технологией приготовления сдобного песочно-выемного печенья, расчетное значение влажности теста составляло (18 ± 2) %. Фотографии образцов теста для сдобного песочно-выемного печенья на примере использования низкокалорийных объемных подсластителей и изомальтулозы представлены на рисунке 4.

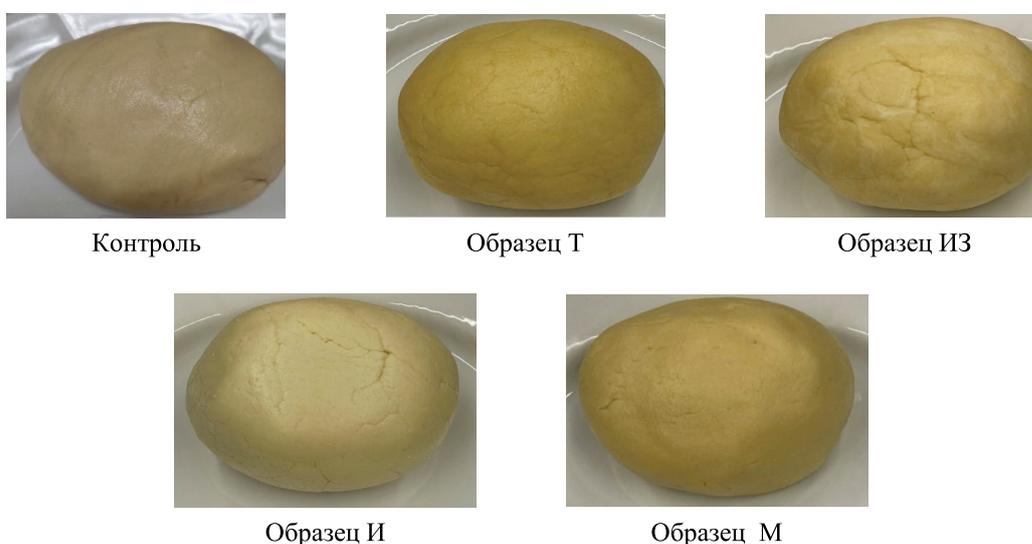


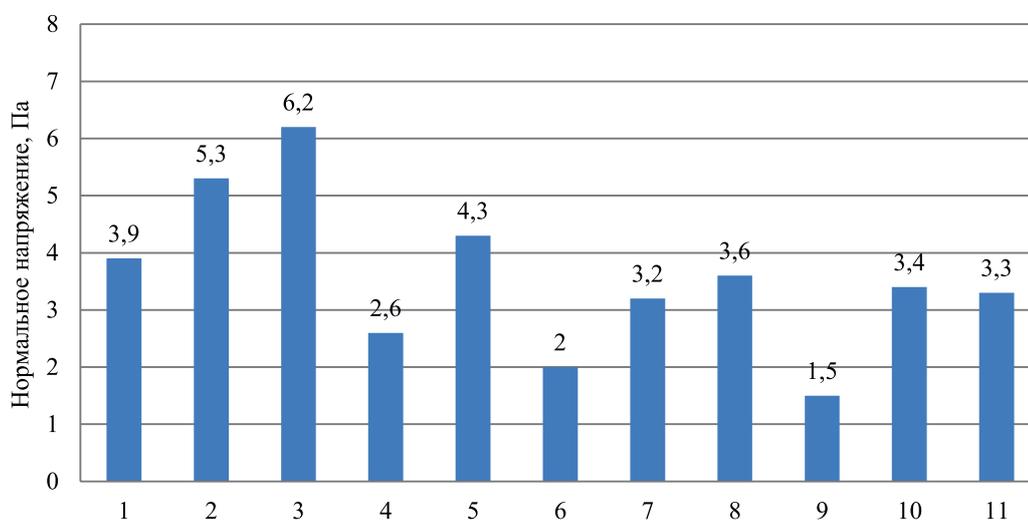
Рис. 4. Образцы теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей
 Fig. 4. Pastry samples for soft shortbread cookies using low calorie bulk sweeteners

При приготовлении теста оценивали его показатели качества и способность к формованию. Исследованиями установлено, что температура всех анализируемых образцов теста составляла (18 ± 2) С, влажность образцов теста близка к расчетному значению. Органолептические показатели и способность к формованию теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей несколько отличались от контрольного образца: образцы на трегалозе и мальтите имели пластичную консистенцию подобно контрольному образцу и хорошую способность к формованию; образец на изомальтулозе характеризовался плотной консистенцией и, как следствие, недостаточно хорошей способностью к формованию; образец теста на изомальте имел рыхлую консистенцию, вследствие чего формование осуществлялось плохо.

Анализ органолептических показателей качества теста с использованием высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями показал, что образцы теста с использованием сукралозы и таких наполнителей как инулин и полидекстроза имели менее пластичную консистенцию в сравнении с контрольным образцом, но при этом удовлетворительную способность к формованию; образец с добавлением мальтодекстрина также характеризовался невысокой пластичностью, при этом процесс формования тестовых заготовок осуществлялся без затруднений. Аналогичные результаты получены для образцов теста с использованием ацесульфама калия в комбинации со всеми предлагаемыми наполнителями.

На рисунках 5, 6 представлены результаты исследования структурно-механических свойств теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями в сравнении с контрольным образцом, изготовленным с использованием сахара. В качестве

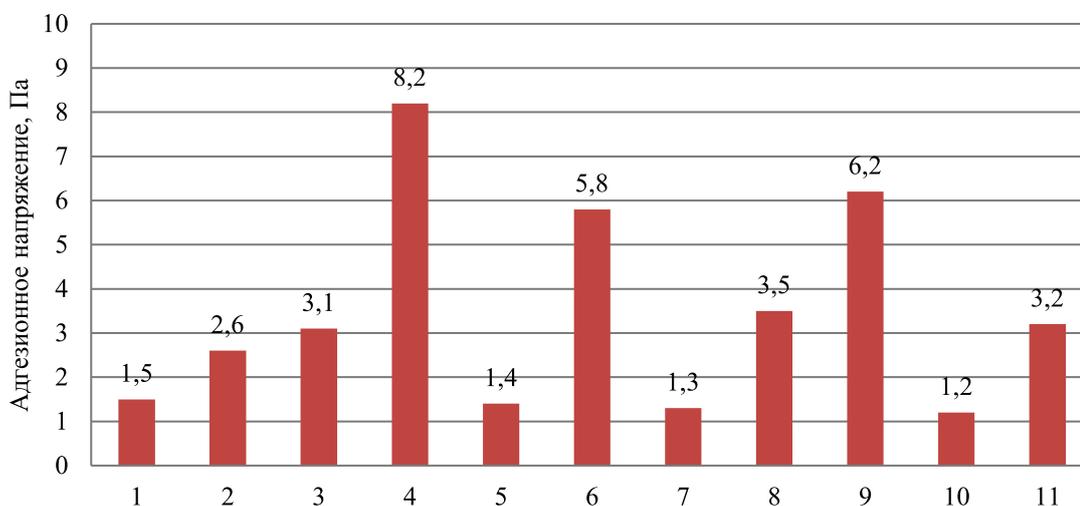
структурно-механических свойств теста исследовали нормальное напряжение при сжатии и адгезионное напряжение, что обусловлено процессами, протекающими при формовании тестовых заготовок.



1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4— образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 5. Нормальное напряжение теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 5. Normal dough stress for soft shortbread cookies using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with fillers



1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4— образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 6. Адгезионное напряжение теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 6. Pastry adhesion stress for soft shortbread cookies using low-calorie bulk sweeteners and high-intensity sweeteners in combination with fillers

Ранее было показано, что консистенция и способность к формованию теста для сдобного песочно-выемного печенья с добавлением подсластителей несколько отличается от контрольного образца, изготовленного с использованием сахара. Анализ структурно-механических

свойств теста показал, что наблюдается разница в значениях нормального напряжения при сжатии образцов теста. Так, наибольшая величина этого показателя отмечена для образцов теста на трегалозе и изомальтулозе, а наименьшая — на изомальте, а также на сукралозе в комбинации с инулином и на ацесульфаме калия в комбинации с инулином. Также имеются различия в значениях адгезионного напряжения теста для сдобного песочно-выемного печенья: наибольшие значения этого показателя характерны для теста на изомальте, а также на сукралозе в комбинации с инулином и на ацесульфаме калия в комбинации с инулином; при использовании сукралозы в комбинации с полидекстрозой и ацесульфаме калия в комбинации с полидекстрозой величина адгезионного напряжения также несколько выше в сравнении с контрольным образцом. Таким образом, анализ влияния низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями на структурно-механические свойства тестовых полуфабрикатов, подтвердил результаты органолептического анализа образцов теста для сдобного песочно-выемного печенья, изготовленного с использованием предлагаемых заменителей сахара. Полученные результаты указывают на возможную корректировку технологических режимов при приготовлении тестовых полуфабрикатов для сдобного песочно-выемного печенья.

На рисунке 7 представлены образцы сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями в сравнении с контрольным образцом, изготовленным с использованием сахара.

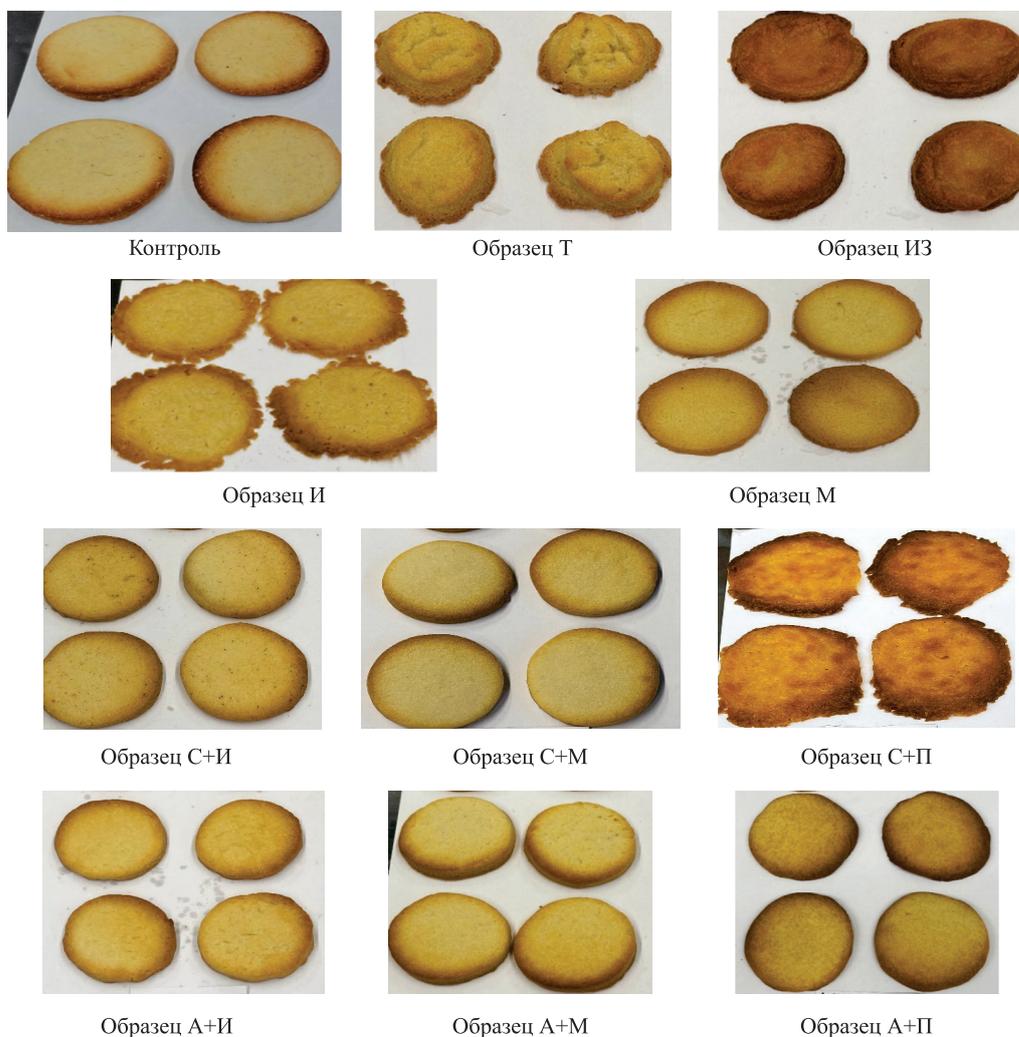


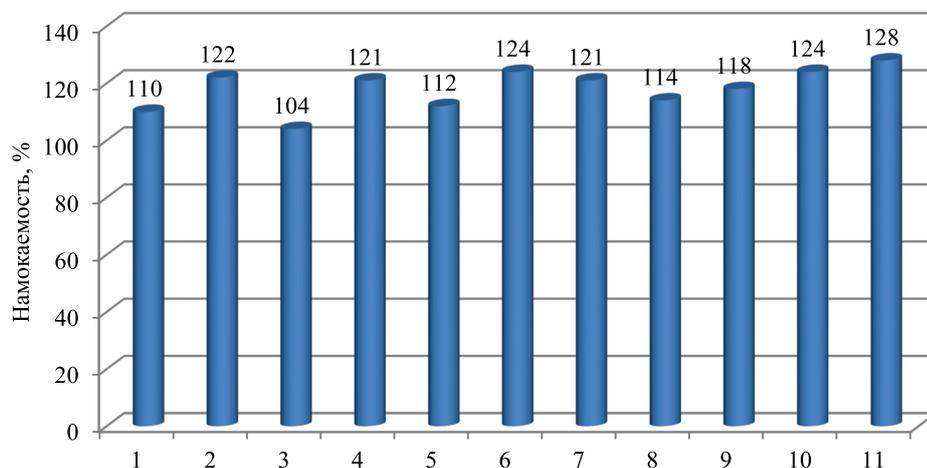
Рис. 7. Образцы сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 7. Soft shortbread samples using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with excipients

Анализ органолептических показателей качества печенья, изготовленного с использованием низкокалорийных объемных подсластителей показал, что образцы с добавлением трегалозы, изомальтулозы и изомальта не сохранили свою форму в процессе выпечки, имели подгорелую, бугристую с трещинами поверхность, так же присутствовали следы выделившегося жира. Образец на изомальте помимо этого расплылся, на краях отмечены признаки кипения, структура твердая стеклообразная, окраска поверхности интенсивная темная. Установлено, что указанные образцы имели сладкий вкус, однако у образца на изомальте было отмечено нехарактерное послевкусие. Наилучшими органолептическим показателям характеризовался образец с добавлением мальтита: печенье имело правильную без деформаций форму с ровными краями, поверхность без вздутий и трещин, свойственной окраски, сладкий вкус и рассыпчатую структуру.

Анализ органолептических показателей качества печенья с использованием сукралозы в комбинации с наполнителями показал, что все образцы печенья, за исключением образца С+П, сохранили свою форму в процессе выпечки, имели гладкую, без трещин и вздутий поверхность, рассыпчатую структуру, а также равномерную светло-желтую окраску. Образец С+П характеризовался неправильной формой, которая не сохранилась в процессе выпечки, неровной, шероховатой поверхностью и интенсивной темной окраской. Данный образец кроме этого отличался горьким привкусом, а также твердой, прочной структурой. Образцы печенья с добавлением ацесульфам калия и всех используемых наполнителей, сохранили свою форму в процессе выпечки, имели равномерную, светло-желтую окраску, ровную поверхность без трещин и вздутий, сладкий вкус и рассыпчатую структуру, за исключением образца А+П. Этот образец отличался интенсивной темно-коричневой окраской поверхности и твердой структурой, сладким вкусом с горьким привкусом. Следует отметить наличие достаточно сладкого вкуса в образцах печенья, изготовленных с использованием высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с используемыми наполнителями, а для образцов с ацесульфамом калия достаточно интенсивного длительного послевкусия. При этом следует отметить наличие горьковатого привкуса в образцах, содержащих полидекстрозу.

На рисунках 8, 9 представлены результаты определения физико-химических показателей качества сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями в сравнении с контрольным образцом, изготовленном с использованием сахара.

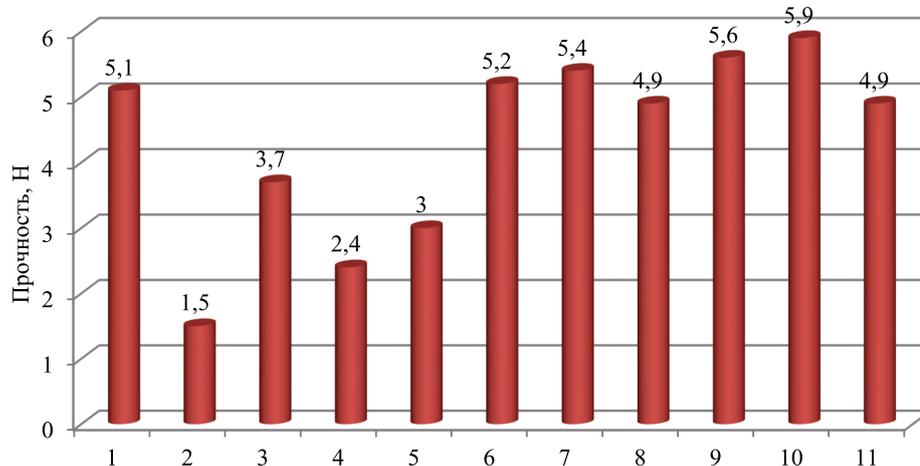


1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4— образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 8. Намокаемость сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями
 Fig. 8. Wetability of soft shortbread biscuits using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with excipients

Анализ полученных результатов показал, что намокаемость образцов сдобного песочно-выемного печенья, изготовленных с заменой сахара, незначительно превышает намокаемость контрольного образца. Исключение составляет образец на изомальтулозе, намокаемость которого ниже в сравнении с контролем, что объясняется структурой нехарактерной для сдобного песоч-

но-выемного печенья. Следует отметить, что использование наполнителей в рецептурном составе печенья с добавлением высокоинтенсивных подсластителей не оказало существенного влияния на показатель намокаемости печенья. В целом намокаемость полученных образцов сдобного песочно-выемного печенья, изготовленного с использованием низкокалорийных объемных подсластителей, за исключением образца с изомальтом, и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями соответствуют требованиям нормативной документации [21].



1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4 — образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 9. Прочность сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 9. Strength of soft shortbread cookies using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with fillers

Прочность образцов сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями варьируется в пределах от 1,5 до 5,9 Н. Наибольшая прочность отмечена для контрольного образца и образцов с использованием высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями. Следует отметить, что использование низкокалорийных объемных подсластителей обуславливает снижение прочности готовых изделий в сравнении с контрольным образцом, что обусловлено получением нехарактерной для сдобного песочно-выемного печенья структурой, и отрицательно скажется на потребительских характеристиках готовой продукции, в частности поведении печенья при упаковке и транспортировке.

Исследованиями также установлено, что значения влажности готовых изделий с использованием заменителей сахара варьируются в пределах от 5,4 до 7,5 %, что незначительно отличается от контрольного образца и не превышает нормируемые значения [2, 21].

Таким образом, в результате исследований проведен анализ рынка доступных к использованию углеводсодержащих сырьевых компонентов для замены сахара при производстве кондитерских изделий, что позволило осуществить выбор образцов низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в рецептурах мучных кондитерских изделий в сегменте сдобного песочно-выемного печенья. Изучена нормативная документация, регламентирующая правила использования подсластителей при производстве пищевой продукции, определены дозировки подсластителей при производстве мучных кондитерских изделий. При подборе углеводсодержащих сырьевых компонентов для замены сахара определены необходимые с технологической позиции факторы, обеспечивающие процесс изготовления мучных кондитерских изделий.

Анализ информации об используемых в исследованиях подсластителях и наполнителях в сравнении с сахарозой, показал, что предлагаемые ингредиенты имеют множество отличительных особенностей по следующим характеристикам: сладости, вкусовому профилю, растворимости, температурным режимам, способности участвовать в реакции Майяра, стабильности при хранении и технологической переработке, что необходимо учитывать при выборе и использовании подсластителей для замены сахара в рецептурах мучных кондитерских изделий. Исследование показателей качества и технологических свойств углеводсодер-

жащих сырьевых компонентов, применяемых в исследованиях, показало возможность их использования для замены сахара в мучных кондитерских изделиях.

Произведен расчет рецептурных составов сдобного песочно-выемного печенья с заменой сахара на низкокалорийные объемные подсластители и высокоинтенсивные подсластители в комбинации с наполнителями. Анализ органолептических, физико-химических и структурно-механических характеристик тестовых полуфабрикатов для печенья, изготовленных с заменой сахара, показал возможность использования низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с различными наполнителями в рецептуре сдобного песочно-выемного печенья.

Анализ органолептических показателей качества готового сдобного песочно-выемного печенья, изготовленного с заменой сахара, показал, что из группы низкокалорийных объемных подсластителей наиболее целесообразно применение мальтита, а из группы высокоинтенсивных подсластителей возможно использование сукралозы и ацесульфама калия в комбинации с такими наполнителями как инулин и мальтодекстрин. Изучение физико-химических и структурно-механических характеристик печенья, изготовленного с заменой сахара, показало, что имеются отличия в прочности и намокаемости образцов, что предположительно может оказать влияние на потребительские характеристики готовой продукции. На основании полученных результатов исследований заключили, что с целью дифференциации углеводного профиля мучных кондитерских изделий в сегменте сдобного песочно-выемного печенья наиболее целесообразно использование мальтита, а также высокоинтенсивных подсластителей сукралозы и ацесульфама калия в комбинации с такими наполнителями как инулин или мальтодекстрин.

Благодарности. Исследования проводились в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025.

Список использованных источников

1. Савенкова, Т. В. Экспертиза кондитерских изделий, рекомендуемых для детей дошкольного и школьного возраста / Т. В. Савенкова. // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2012. — № 11 (135). — С. 6-9.
2. Мелконян, Ж. А. Рациональное питание в лечении сахарного диабета / Ж. А. Мелконян, Ю. В. Потапова. // Приоритетные научные направления: от теории к практике. — 2013. — № 4. — С. 15-18.
3. Ерохина, Ю. В. Анализ углеводов в пищевых продуктах / Ю. В. Ерохина, И. С. Полянская. // Инновационное развитие науки и образования: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, г. Душанбе, 17 апреля 2018 г. / Научно-издательский центр «Мир науки»; под общей редакцией А. И. Вострецова. — Душанбе, 2018. — С. 25-29.
4. Жаббарова, С. К. Влияние сахарозаменителей и подсластителей на безвредность кондитерских изделий / С. К. Жаббарова. // Universum: технические науки. — 2019. — № 2 (59). — С. 27-31.
5. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум: учебник / А. С. Максимов, В. Я. Черных. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 176 с.
6. Руководство пользователя прибора BROOKFIELD: [сайт]. — Волгоград, 2017 — URL: <https://brookfield.pro-solution.ru> (дата обращения: 01.04.2025).
7. Магомедов, Г. О. Технология мучных кондитерских изделий: учебное пособие для студентов вузов / Г. О. Магомедов, А. Я. Олейникова, Т. А. Шевякова. — М.: ДеЛипринт, 2009. — 295 с.
8. Олейникова, А. Я. Практикум по технологии кондитерских изделий: учебное пособие для вузов / А. Я. Олейникова, Г. О. Магомедов, Т. Н. Мирошникова. — СПб. : ГИОРД, 2005. — 480 с.
9. ГОСТ 5897-90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29 декабря 1990 г. № 3695: взамен ГОСТ 5897-70: дата введения 1992-01-01. / разработан техническим комитетом по стандартизации ТК 149 «Кондитерские изделия». // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).
10. ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие протоколом Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 5 декабря 2014 г. № 46: взамен ГОСТ 5900-73: дата введения 2016-07-01. / разработан Государственным научным учреждением Научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ НИИКП Россельхозакадемии). // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).
11. ГОСТ 10114-80. Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 7 мая 1980 г. № 20: взамен ГОСТ 10114-62: дата введения

- 1981-07-01. / разработан техническим комитетом по стандартизации ТК 149 «Кондитерские изделия». // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).
12. Натуральные и искусственные подсластители. Свойства и экспертиза качества / К.К. Полянский [и др.]. — М.: ДеЛипринт, 2009. — 252 с.
 13. Гартел, Р. У. Сахарные кондитерские изделия / Р. У. Гартел, Й. Г. фон Эльбе, Р. Хофбергер / пер. с англ. под науч. ред. канд. техн. наук Л. И. Рысевой. — СПб.: Профессия, 2019. — 784 с.
 14. Митчелл, Х. Подсластители и сахарозаменители / Х. Митчелл / пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2010. — 512 с.
 15. Журавлева, Е. И. Технология кондитерского производства / Е. И. Журавлева, С. И. Кормаков, Л. И. Токарев, К. Г. Рахманова; под общей редакцией Е. И. Журавлевой. — М.: Пищепромиздат, 2003. — 443 с.
 16. Нечаев, А. П. Пищевые добавки: учебник для вузов / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. — М.: Колос, 2001. — 256 с.— Текст: непосредственный.
 17. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки: энциклопедия / Л. А. Сарафанова— СПб: ГИОРД, 2003. — 688 с.
 18. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств: ТР ТС 029/2012 : технический регламент Таможенного союза: издание официальное: принят Решением Комиссии Таможенного союза от 20 июля 2012 г. №58: вступает в силу с 1 марта 2014 года (переиздан Решением Евразийской экономической комиссии от 29 августа 2023 г. №84. // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 10.03.2025).
 19. Сборник технологических карт кондитерских и булочных изделий: для торговых объектов общественного питания / Министерство торговли Республики Беларусь, Научно-информационный центр Белорусской ассоциации кулинаров; составители: В.Ф. Ерофеев [и др.] — Минск: ООО «НИЦ-БАК», 2007–735 с.
 20. СТБ 2434-2015. Печенье. Общие технические условия: государственный стандарт Республики Беларусь: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 9 ноября 2015 г. № 52 непосредственно в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 мая 2016 г.: введен впервые: дата введения 2016-05-01. / разработан Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»). // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 18.03.2025).
 21. СТБ 2265-2014. Изделия мучные кондитерские диетические и обогащенные. Общие технические условия: государственный стандарт Республики Беларусь: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 28 января 2014 г. №5 непосредственно в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 сентября 2014 г.: введен впервые: дата введения 2014-09-01. / разработан Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»). // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).

Информация об авторах

Василевская Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by.

Машкова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий». (пр.Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: tehno_f@mail.ru.

Прохорцова Татьяна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: prohorcova@tut.by.

Information about authors

Vasileuskaya Marina Nikolaevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3, Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).

E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by.

Mashkova Iryna Anatolievna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3, Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).

E-mail: tehno_f@mail.ru.

Prakhartsova Tatsina Valeryevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3, Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).

E-mail: prohorcova@tut.by.