ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-832-848

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Изучение влияния продуктов переработки овса на изменение качественных характеристик мучных кондитерских изделий

Н. А. Щербакова, С. Ю. Мистенева*, О. С. Руденко, Н. Б. Кондратьев, А. В. Баскаков

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 27.07.2021

Принята после рецензирования: 21.10.2021
Принята в печать: 01.12.2021

**e-mail: svetlana_mst@mail.ru*
© Н. А. Щербакова, С. Ю. Мистенева, О. С. Руденко, Н. Б. Кондратьев, А. В. Баскаков, 2021

Аннотация.
Введение. Включение в рацион питания продуктов из цельносмолотого зерна способствует снижению риска возникновения ряда хронических заболеваний. Овес и продукты его переработки являются перспективным сырьем для создания функциональных продуктов питания за счет содержания в них бета-глюкана, имеющего клинически доказанную эффективность. Цель исследования – модификация нутриентного состава мучных кондитерских изделий группы сахарного печенья путем введения в рецептурный состав продуктов переработки овса и изучение динамики изменения качественных характеристик полуфабрикатов и готовых изделий.
Объекты и методы исследования. Композитные смеси муки и толокна овсяного, модельные суспензии композитных смесей муки и рецептурные модели печенья с использованием толокна овсяного и хлопьев овсяных в различных соотношениях. Исследование органолептических, физико-химических, реологических и структурно-механических показателей осуществляли с использованием стандартных методов.
Результаты и их обсуждение. Установлено, что массовая доля белка, жира и содержание пищевых волокон в композитных смесях с толокном повышаются при увеличении его содержания и находятся в диапазонах значений: белок 11,9–12,5 %, жир 2,3–3,7 %, пищевые волокна 4,1–4,5 %. Коэффициенты набухания смесей увеличиваются, по сравнению с мукой пшеничной (2,94), и составляют 3,41–4,60. Исследование образцов модельных суспензий показало, что с увеличением доли толокна их вязкость возрастает от 50 до 500 Па·с. Второй этап работы заключался в исследовании динамики изменения качественных характеристик печенья с толокном овсяным. Наибольшая прочность 1700 г характерна для образца с наибольшим количеством толокна. Намокаемость изделий увеличивается, по сравнению с контрольным образцом (193 %), при введении толокна в количестве 20 и 30 % и составляет 220 и 221 % соответственно. Результаты исследований активности воды показывают, что толокно способствует снижению данного показателя в печенье с 0,360 до 0,290 по мере увеличения его концентрации.
Выводы. Установлены оптимальные количества толокна овсяного и хлопьев овсяных в рецептуре печенья – 30 и 10 % от массы муки соответственно. Изучены зависимости качественных характеристик композитных смесей муки, модельного теста и готовых изделий от концентрации толокна и хлопьев. Определены оптимальные технологические параметры производства печенья и разработаны рецептуры для предприятий отрасли.

Ключевые слова. Печенье, бета-глюкан, толокно овсяное, хлопья овсяные, модификация, рецептурный состав

Для цитирования: Изучение влияния продуктов переработки овса на изменение качественных характеристик мучных кондитерских изделий / Н. А. Щербаков [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 832–848. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-832-848.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of Oat-Based Ingredients on the Quality of Pastry Products

Natalia A. Shcherbakova, Svetlana Yu. Misteneva*, Oxana S. Rudenko, Nikolay B. Kondrat'ev, Andrew V. Baskakov

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Moscow, Russia

Received: July 27, 2021

Accepted in revised form: October 21, 2021
Accepted for publication: December 01, 2021

*e-mail: svetlana_mst@mail.ru
© N.A. Shcherbakova, S.Yu. Misteneva, O.S. Rudenko, N.B. Kondrat'ev, A.V. Baskakov, 2021

Abstract.
Introduction. Whole grain products can prevent some chronic diseases. Oats and oat-based foods are rich in beta-glucan, which makes them a perfect ingredient for functional foods. The present research objective was to introduce oat-based ingredients into the formulation of sugar cookies and study the quality of the finished product.
Study objects and methods. The study involved various formulations of sugar cookies with different proportions of oat meal and composite flour. Sensory, physicochemical, rheological, structural, and mechanical properties were determined according to standard methods.
Results and discussion. The mass shares of protein, fat, and dietary fiber increased together with the share of oat meal: protein – 11.9–12.5%, fat – 2.3–3.7%, dietary fiber – 4.1–4.5%. The swelling rates were 3.41–4.60, which was higher than in the wheat flour sample (2.94). Oat meal increased the viscosity of the model suspensions from 50 to 500 Pa·s The sample with the biggest share of oat meal had the greatest strength (1700 g). The water absorption also increased (193%): it was 220 when the share of oat meal was 20% and 221% when it was 30%. Oat meal decreased the water activity from 0.360 to 0.290 as its concentration grew.
Conclusion. The optimal amount of oat meal was 30% and that of oatmeal flakes – 10% of the flour amount. The research also defined the effect of oat meal and oat flakes on the composite flour blend, model dough, and sugar cookes. The article introduces a new commercial formulation of sugar biscuits.

Keywords. Biscuit, beta-glucan, oat tolokno, oat flakes, modification, recipe

For citation: Shcherbakova NA, Misteneva SYu, Rudenko OS, Kondrat'ev NB, Baskakov AV. Effect of Oat-Based Ingredients on the Quality of Pastry Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):832–848. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-832-848.

Введение

Распространенность избыточного веса, ожирения и других неинфекционных заболеваний, связанных со структурой и рационом питания, среди взрослого и детского населения является серьезной проблемой всего мирового сообщества. Сложившаяся ситуация приводит не только к существенному повышению государственных затрат на здравоохранение, но и отрицательно сказывается на качестве и продолжительности жизни людей во многих странах. Неправильное питание входит в десять первых факторов риска, усугубляющих глобальное бремя болезней. Рацион питания населения характеризуется отсутствием достаточного количества фруктов, овощей и продуктов на основе цельного зерна, избыточным потреблением соли, насыщенных жиров и добавленных сахаров, поступающих с пищевыми продуктами промышленного производства.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определила понятие «неправильного питания» – дисбаланс энергетической ценности и/или питательных веществ в рационе питания человека [1].

Одним из важных факторов совершенствования рационов является доступность пищевых продуктов, в том числе кондитерских изделий, созданных на основе руководящих принципов ВОЗ в области питания. Реализация Стратегии повышения качества пищевой продукции (распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года») предусматривает обеспечение условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества. Поэтому перед научно-исследовательскими организациями и предприятиями всех отраслей пищевой промышленности поставлены задачи по разработке и внедрению нового ассортимента изделий, способствующих повышению качества и структуры питания людей [2–6].

Одной из эффективных стратегий оптимизации качества существующих продуктов питания, производимых различными отраслями пищевой промышленности, является проведение комплекса действий, направленных на изменение их рецептурного состава. Концепция изменения рецептуры – относительно новая стратегия разработки продуктов с полезными свойствами. Изменение рецептуры пищевых продуктов – это процесс изменения существующего, часто популярного, промышленно произведенного пищевого продукта с целью сделать его полезным для здоровья [7, 8].

Печенье разных сортов используется не только как десерт, но и как альтернативный «снэковый» продукт для перекуса, поскольку имеет привлекательные вкусовые характеристики, длительный срок хранения, удобно в употреблении и относится к низкому ценовому сегменту (рис. 1) [9].

Повышение спроса на изделия с функциональными пищевыми ингредиентами, со сниженным количеством сахара, жира и соли является одной из тенденций современного рынка продуктов питания, в том числе кондитерских изделий [9].

Рисунок 1. Продажи кондитерских изделий по видам

Figure 1. Sales of confectionery products by type

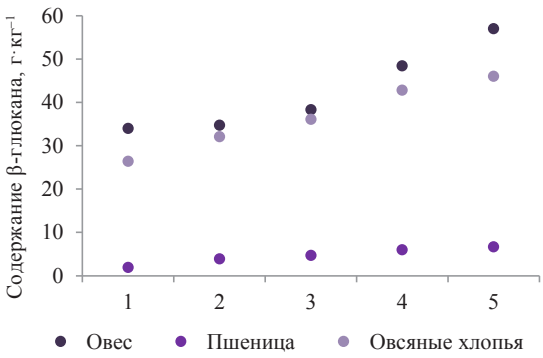

Рисунок 2. Содержание β-глюкана в образцах овса, пшеницы и овсяных хлопьев

Figure 2. β-glucan in oats, wheat, and oat flakes samples

К функциональным пищевым ингредиентам относят физиологически активные, ценные и безопасные для здоровья ингредиенты с известными физико-химическими характеристиками. Для них выявлены и научно обоснованы полезные для сохранения и улучшения здоровья свойства, установлена суточная физиологическая потребность. Например, растворимые и нерастворимые пищевые волокна [10].

Кондитерские изделия группы печенья характеризуются высоким содержанием добавленного сахара (до 40 %) и жира (до 35 %), что определяет основу формирования его реологических и качественных характеристик. Изменение соотношения сырья внутри рецептурного состава многокомпонентных дисперсных систем или введение в их состав новых ингредиентов приведет к изменению их структуры и органолептических показателей [11]. Следовательно, проведение исследований по модификации рецептурного состава печенья и изучение влияния сырья на его характеристики является актуальным и практически значимым.

В Руководящих принципах по здоровому питанию ВОЗ рекомендуется включение в рацион питания цельнозерновых продуктов с целью снижения риска возникновения хронических заболеваний, таких как ожирение, диабет и сердечно-сосудистые заболевания. Цельнозерновые продукты содержат множество питательных веществ, в том числе пищевые волокна, омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты, минеральные вещества и витамины [2, 12].

Овес и продукты его переработки являются перспективным сырьем для создания продуктов питания функциональной направленности. Овес перерабатывается как цельное зерно, в котором много водорастворимых пищевых волокон, называемых β-глюканами (рис. 2) [13].

Имеются литературные данные, позволяющие предположить, что β-глюкан овса снижает уровень холестерина липопротеинов низкой плотности. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) допускает наличие связи между потреблением цельнозерновых овсяных продуктов и снижением риска возникновения ишемической болезни сердца. Появляется все больше свидетельств того, что потребление продуктов переработки овса, по сравнению с аналогичными продуктами из пшеницы, снижает гликемический ответ организма на пищу. Существует ряд исследований, доказывающих положительное влияние цельного овса и овсяного β-глюкана на контроль аппетита. Клинически доказано, что употребление не менее 4 г β-глюканов из овса или ячменя на 30 г доступных углеводов способствует снижению уровня глюкозы в крови [12, 14–17]. Проведение исследовательских работ в данном направлении может лечь в основу создания мучных кондитерских изделий для специализированного питания, в частности для людей, страдающих диабетом.

Овес содержит до 15 % белка, более высокий уровень глобулина и более низкий уровень проламина, чем пшеница. Также обеспечивает лучший баланс незаменимых аминокислот для человека (рис. 3, 4).

Биологическую ценность белков определяет степень задержки азота в организме или эффективность его утилизации для поддержания азотистого равновесия у взрослых. Это зависит от аминокислотного состава белков. Аминокислотой, лимитирующей биологическую ценность белков пшеницы и овса, является лизин. Однако аминокислотный скор лизина в белке овса составляет 71 %, что на 20 % выше, чем в белке пшенице. Это свидетельствует о высокой биологической ценности белка овса.

Овес содержит 5,2–9,4 % липидов (включая свободные жирные кислоты, преимущественно

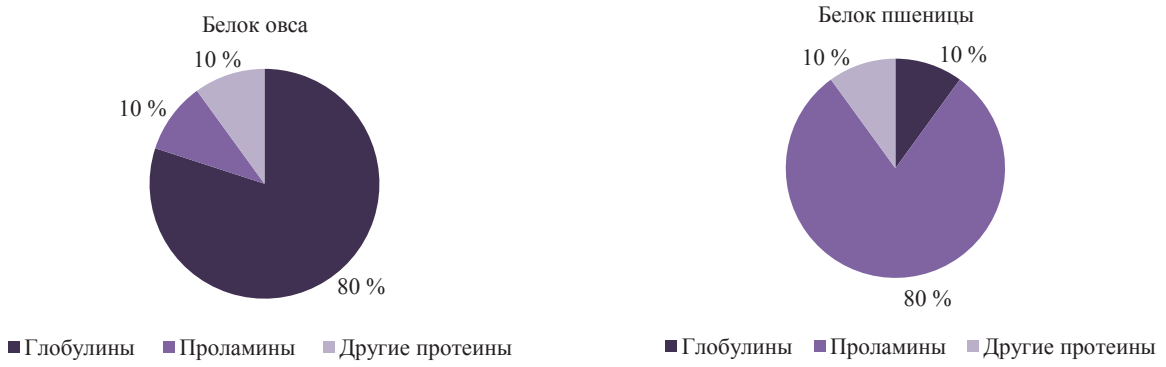

Рисунок 3. Соотношения белковых фракций овса и пшеницы

Figure 3. Ratios of protein fractions in oats and wheat

ненасыщенные, триглицериды, гликолипиды и фосфолипиды) (рис. 5). Основные свободные жирные кислоты овса: насыщенная пальмитиновая (16–22 %), мононенасыщенная олеиновая (28–40 %) и полиненасыщенная линолевая (36–46 %). Высокое содержание фосфолипидов (≥ 20 %) отличает овес от других масличных культур. Полиненасыщенные жирные кислоты являются незаменимыми питательными веществами для человека [18, 19].

Целью работы является модификация нутриентного состава мучных кондитерских изделий группы сахарного печенья путем введения в рецептурный состав продуктов переработки овса и изучение динамики изменения качественных характеристик полуфабрикатов и готовых изделий.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали: композитные смеси муки и толокна овсяного, модельные суспензии композитных смесей муки и рецептурные модели печенья с использованием толокна овсяного и хлопьев овсяных в различных соотношениях. Исследование органолептических, физико-химических, реологических и структурно-механических показателей проведено с использованием стандартных методов.

Органолептические показатели готовой продукции определены по ГОСТ 24901-2014 и ГОСТ 5897-90; массовая доля влаги – по ГОСТ 5900-2014; намокаемость готовых изделий – по ГОСТ 10114-80; массовая доля жира – по ГОСТ 31902-2012,

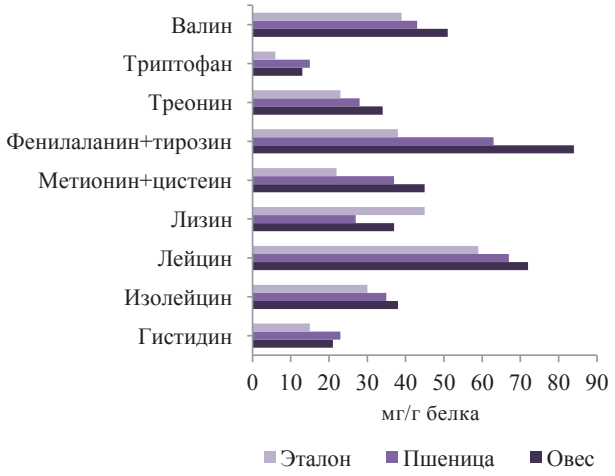

Рисунок 4. Аминокислотный состав белка (мг/г белка) овса и пшеницы в сравнении с эталонной моделью для взрослых ФАО/ВОЗ (2007)

Figure 4. Protein amino acid composition (mg/g protein) of oats and wheat compared to the FAO/WHO Adult Reference Model (2007)

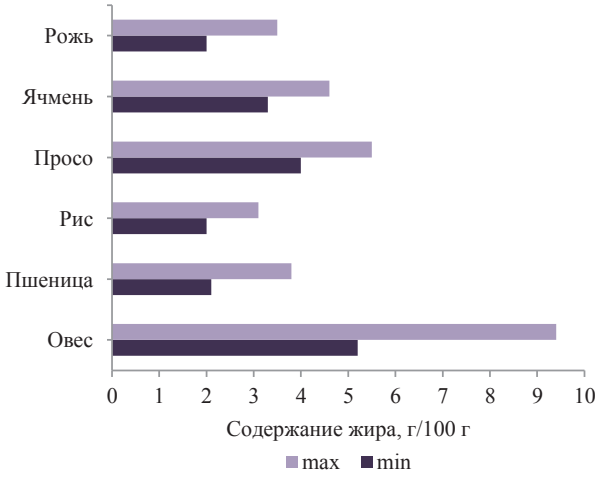

Рисунок 5. Содержание жира в зерновых продуктах

Figure 5. Fat content in cereal products

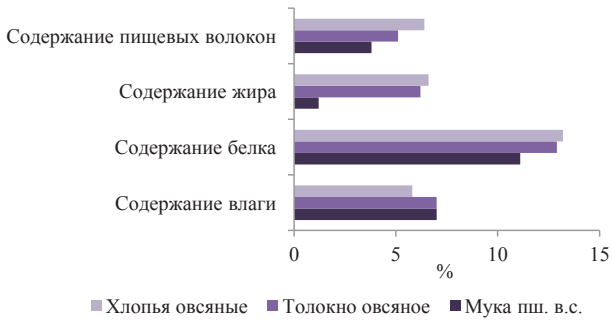

Рисунок 6. Химический состав толокна овсяного, хлопьев овсяных и муки пшеничной высшего сорта

Figure 6. Chemical composition of oat meal, oat flakes, and premium wheat flour

Таблица 1. Процентные соотношения муки пшеничной высшего сорта и толокна овсяного в композитных смесях муки

Table 1. Ratios of premium wheat flour and oat meal in composite flour mixes

Обозначение смесей	Соотношение компонентов в смесях, %	
	Мука	Толокно овсяное
Мука пш. в.с.	100	–
Смесь$_1$	80	20
Смесь$_2$	70	30
Смесь$_3$	60	40
Смесь$_4$	50	50

содержание пищевых волокон – по ГОСТ 54014-2010; массовая доля белка – по ГОСТ 10846-91 и ГОСТ 34551-2019, количество клейковины – по ГОСТ Р 54478-2011; массовая доля золы – по ГОСТ 27494-2016; коэффициент набухания – по МВИ 92-19825192-2021 «Методика определения коэффициента набухания муки»; насыпная плотность – по МВИ 93-19825192-2021 «Методика определения насыпной плотности муки»; жирнокислотный состав жировой фракции – по ГОСТ Р 54687-2011; прочность – по МВИ 84-19825192-2020 «Методика определения прочности печенья»; плотность теста и готовых изделий – по ГОСТ 15810-14. Активность воды определена на анализаторе AquaLab 4TE (Decagon Devices, США). Температура теста измерена с помощью термометра. Высота тестовой заготовки и готовых изделий, диаметр тестовой заготовки и готовых изделий измерены с помощью штангенциркуля и выражены в миллиметрах. Масса тестовой заготовки и масса готового изделия определены путем взвешивания на электронных лабораторных весах AND GF 1000 с точностью до 0,1 г.

Ежегодно в мире выращивается от 25 до 20 млн т овса. Крупнейшим производителем овса является Европейский Союз, за ним следуют Россия, Канада и Австралия [18].

В России производят следующие продукты переработки овса: крупу, хлопья, муку диетическую и толокно. Толокно – вид овсяной муки, высококалорийный питательный продукт. Толокно вырабатывают из целого овса, очищенного от сорной примеси, щуплых и недоразвитых зерен. Зерно предварительно замачивают в воде с температурой 35 °С в течение 2 ч для увлажнения до 30 %. Влажный овес выдерживают в варочном аппарате в течение 1,5–2 ч, затем высушивают до 5–6 %, охлаждают, шелушат и размалывают в муку.

В результате получают продукт, крахмал которого почти полностью декстринизирован [20, 21].

Толокно является готовым к употреблению продуктом, обладает сладковатым вкусом и гармоничным приятным зерновым запахом с ореховым послевкусием. Применение толокна овсяного не требует изменения технологического процесса производства печенья, поскольку по основным физическим свойствам оно схоже с мукой пшеничной. Овсяное толокно применяется при создании продуктов для детского и диетического питания, мясных и молочных продуктов, а также напитков. Однако его использование в производстве мучных кондитерских изделий пока не имеет широкого распространения [22–24].

Овсяные хлопья разных видов вырабатывают из овсяной крупы высшего сорта. В результате присутствия технологической стадии дополнительного пропаривания и плющения хлопья приобретают нежную консистенцию и приятный вкус, что служит основой для их использования в пищевой промышленности [20, 21].

Химический состав толокна овсяного, хлопьев овсяных и муки пшеничной высшего сорта, используемых в данной работе, представлен на рисунке 6.

В настоящей работе для создания рецептурных моделей сахарного печенья использованы композитные смеси муки, состоящие из муки пшеничной высшего сорта и толокна овсяного, в соотношениях, представленных в таблице 1.

Для изучения влияния введения в рецептуру толокна овсяного на изменение качественных характеристик готовых изделий разработаны различные рецептурные модели печенья. Для проведения сравнительной оценки качественных характеристик был выработан контрольный образец печенья с использованием 100 % муки пшеничной высшего сорта (контроль) (табл. 2).

Разработка четырех вариантов рецептурных моделей обусловлена необходимостью определения возможного количественного диапазона

Таблица 2. Соотношение сырьевых компонентов в рецептурных моделях печенья

Table 2. Ratio of raw materials in sugar cookies

Наименование и характеристики сырья	Рецептурные модели, г								
	Контроль	$РМ_1$		$РМ_2$		$РМ_3$		$РМ_4$	
Мука пшеничная высший сорт ГОСТ 26574-2017	68,0	54,4	$Смесь_1$	47,6	$Смесь_2$	40,8	$Смесь_3$	34,0	$Смесь_4$
Толокно овсяное ГОСТ 2929-75	–	13,6		20,4		27,2		34,0	
Жир растительный твердый (содержание твердого жира при температуре 20 °С – 26 %; НЖК 48,7 %; МНЖК 40,6 %; ПНЖК 10,8 %	16,0	16,0		16,0		16,0		16,0	
Пудра сахарная из сахара белого (ГОСТ 33222-2015)	14,0	14,0		14,0		14,0		14,0	
Инвертный сироп (массовая доля сухих веществ 80 %, массовая доля редуцирующих веществ 78 %)	2,5	2,5		2,5		2,5		2,5	
Экстракт ячменно-солодовый (массовая доля сухих веществ 75 %)	4,3	4,3		4,3		4,3		4,3	
Соль пищевая	0,2	0,2		0,2		0,2		0,2	
Химические разрыхлители	0,7	0,7		0,7		0,7		0,7	

введения толокна овсяного в рецептуру сахарного печенья.

Замес теста осуществлен по трехстадийной технологии, предусматривающей предварительное приготовление суспензии и эмульсии (рис. 7).

Для обеспечения качественного процесса формования теста в лабораторных условиях его расчетную влажность принимали равной 16,0 ± 0,5 %. Геометрические параметры тестовых заготовок: высота 4,8 ± 0,3 мм, диаметр 47,0 ± 1,0 мм. Температура теста 26 ± 1 °С. Изделия выпекали при температуре 190 ± 3 °С в течение 9,5 ± 0,5 мин, охлаждали до комнатной температуры и упаковывали в герметичные термосвариваемые пакеты из полипропиленовой пленки. Массовая доля влаги готовых изделий 5,5 ± 1,0 %.

Этапы проведения экспериментальных исследований представлены на рисунке 8.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы проведены исследования качественных характеристик композитных смесей муки. Физико-химические показатели смесей в сравнении с мукой пшеничной высшего сорта представлены в таблице 3.

Введение толокна овсяного в композитные смеси муки приводит изменению к их макронутриентого состава: увеличению содержания белка, жира и общего количества пищевых волокон. Увеличение содержания толокна овсяного в композитных смесях муки обуславливает увеличение коэффициента набухания. Это связано с повышенной способностью полисахаридов толокна овсяного, в частности содержащегося в нем бета-глюкана, связывать воду по сравнению с белково-углеводным комплексом пшеничной муки. Крахмал овса обладает большей способностью к набуханию по сравнению с крахмалом пшеницы. Наблюдается снижение насыпной плотности смесей по мере увеличения содержания толокна овсяного, связанное с размером частиц сырьевых компонентов и характером их взаимодействия [25, 26].

Увеличение массовой доли золы в смесях связано с присутствием минеральных веществ, общее содержание которых выше в толокне овсяном по

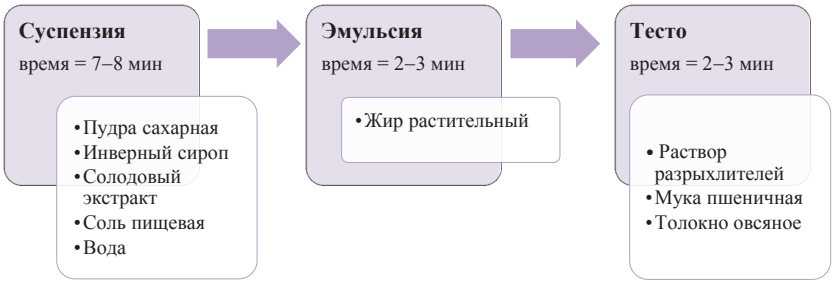

Рисунок 7. Технологическая схема приготовления теста для печенья по трехстадийной технологии

Figure 7. Three-stage technology of cookie dough

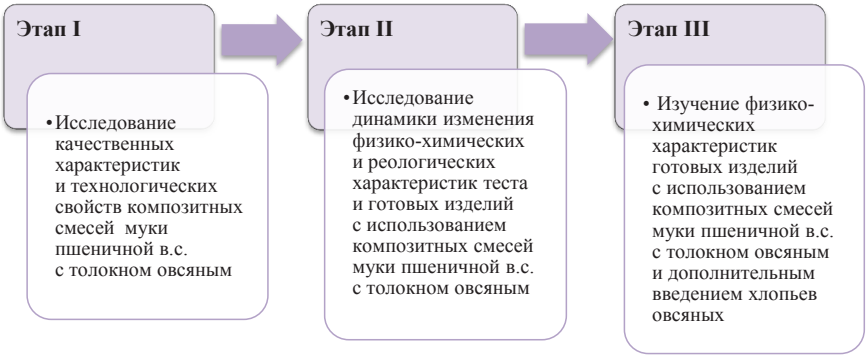

Рисунок 8. Этапы проведения экспериментальных исследований

Figure 8. Stages of experimental research

сравнению с мукой пшеничной. Данный фактор может оказывать влияние на функционально-технологические свойства клейковины муки и приводить к снижению качества готовых изделий [11].

В настоящее время существуют объективные трудности для производителей мучных кондитерских изделий, поскольку на рынке российского сырья присутствует мука хлебопекарная, обладающая высокими хлебопекарными характеристиками: повышенным содержанием белка (глиадина и глютенина) и большим количеством клейковины. Данные показатели не являются оптимальными для производства многих сортов мучных кондитерских изделий, в частности сахарного печенья [26, 27].

Изученная в работе зависимость количества клейковины и массовой доли белка в композитных смесях муки от количества толокна овсяного представлена на рисунке 9.

Введение в смеси муки толокна овсяного приводит к закономерному снижению в них количества клейковины, обусловленному фракционным составом белков овса. Данный факт в определенных пределах количественных значений содержания клейковины может выступать преимуществом исследуемых смесей, в частности Смеси$_1$ и Смеси$_2$, по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта, и положительно влиять на качественные характеристики печенья. Общее содержание белка в смесях повышается за счет белков группы глобулинов, преобладающих в толокне.

Известно, что бета-глюкан овса способен образовывать высоковязкие растворы даже при низких концентрациях. Увеличение концентрации растворенного полимера приводит к увеличению вязкости и изменению плотности дисперсной системы. Механические воздействия (перемешивание, сбивание) могут влиять на физико-химические свойства бета-глюкана и способствовать увеличению вязкости содержащих его комплексных систем. Например, теста для мучных кондитерских изделий [28].

Исследование динамики изменения вязкости и плотности проводили на модельных суспензиях, состоящих из исследуемой композитной смеси муки и воды. Это позволяет исключить влияние других видов сырья (сахара, инвертного сиропа, жира) на величину данных показателей. Приготовление модельной суспензии осуществлялось на лабораторном

Таблица 3. Физико-химические показатели муки пшеничной высшего сорта и композитных смесей муки

Table 3. Physicochemical parameters of premium wheat flour and composite flour mixes

Название показателя	Образец				
	Мука	Смесь$_1$	Смесь$_2$	Смесь$_3$	Смесь$_4$
Массовая доля влаги, %	7,3	7,1	6,8	6,8	7,2
Массовая доля белка, %	11,7	11,9	12,1	12,2	12,5
Массовая доля жира, %	1,4	2,3	2,7	3,4	3,7
Содержание пищевых волокон, %	3,8	4,1	4,2	4,3	4,5
Коэффициент набухания	2,94	3,41	3,80	3,87	4,60
Насыпная плотность, кг/м^3	566	560	544	539	538
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, %	0,52	0,80	0,92	1,07	1,23

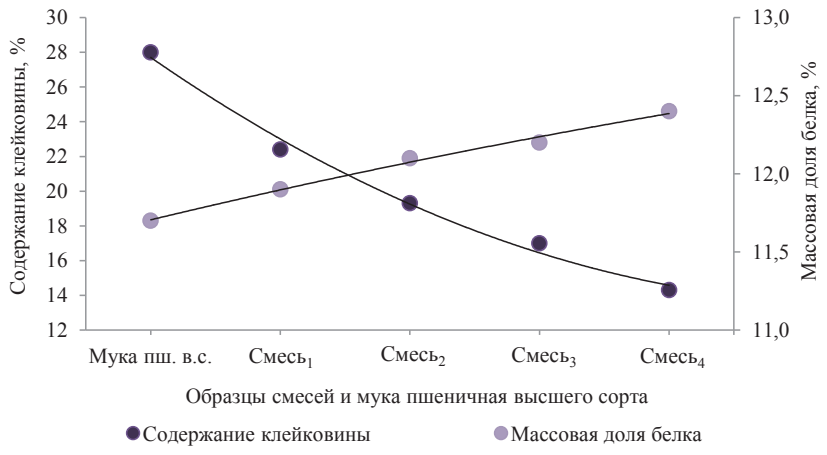

Рисунок 9. Зависимость количества клейковины и массовой доли белка в композитных смесях от количества толокна овсяного

Figure 9. Effect of oatmeal on gluten and protein

миксере с 2-мя венчиками и числом оборотов 600 об/мин. Массовую долю влаги модельной суспензии принимали равной 68,5 %. Контрольным образцом являлась модельная суспензия с использованием муки пшеничной высшего сорта.

Результаты исследований изменения вязкости и плотности суспензий, в зависимости от количества толокна овсяного в композитных смесях муки, представлены на рисунке 10.

Исследование вязкости образцов модельных суспензий, в которых количество толокна в смесях муки менялось от 20 до 50 %, показало, что с увеличением доли толокна вязкость модельных суспензий резко возрастает от 50 до 500 Па·с. Поэтому для приготовления теста оптимальным будет использование Смеси$_1$ и Смеси$_2$. По сравнению с модельной суспензией из муки пшеничной вязкость суспензий из Смеси$_1$, Смеси$_2$, Смеси$_3$ и Смеси$_4$ увеличивается в 4, 7, 15, 37 раз соответственно. Наблюдается снижение плотности полученных модельных суспензий с увеличением концентраций толокна овсяного.

Характер зависимости вязкости модельных суспензий от коэффициента набухания муки пшеничной и композитных смесей муки представлен на рисунке 11.

Установлено, что повышение коэффициента набухания модельных смесей в области высоких концентраций толокна овсяного оказывает более значительное влияние на нарастание вязкости модельных суспензий, чем в области больших разбавлений. Полученные данные свидетельствуют о

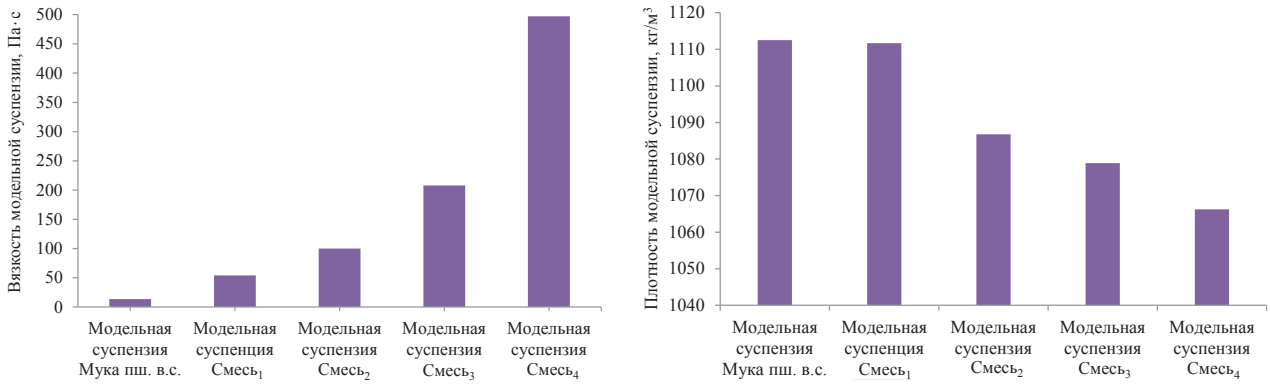

Рисунок 10. Изменение вязкости и плотности модельных суспензий в зависимости от количества толокна овсяного в композитных смесях муки

Figure 10. Effect of oat meal on viscosity and density of model suspensions

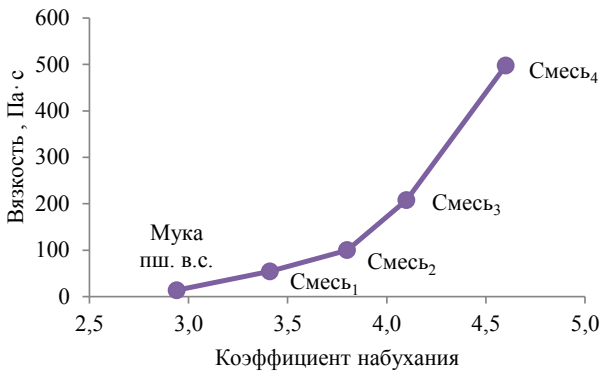

Рисунок 11. Зависимость вязкости модельных суспензий из муки пшеничной и композитных смесей муки от коэффициента набухания

Figure 11. Effect of swelling rate on viscosity of model suspensions

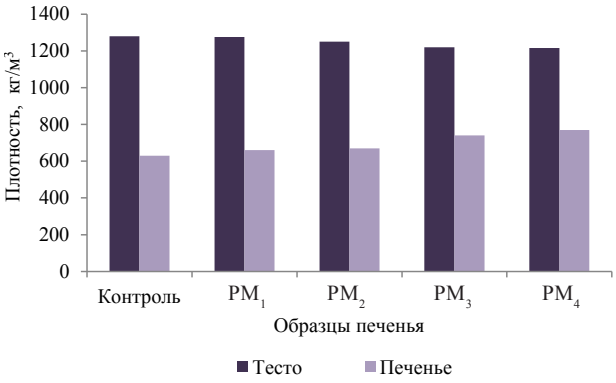

Рисунок 12. Показатели плотности теста и готовых изделий

Figure 12. Indicators of density of dough and finished products

том, что на стадии приготовления теста с введением толокна овсяного потребуется корректировка ряда технологических параметров, обеспечивающих качественное проведение процесса замеса теста и формования тестовых заготовок.

Второй этап работы заключался в исследовании динамики изменения качественных характеристик готовых изделий с толокном овсяным.

Качественные характеристики готовых изделий представлены в таблице 4, сравнительные показатели плотности теста и готовых изделий – на рисунке 12.

Добавление овсяного толокна приводит к увеличению прочности печенья. Наибольшая прочность 1700 г характерна для образца PM_4 с наибольшим количеством добавленного овсяного толокна (50 % от массы муки). Значения показателей щелочности и массовой доли золы во всех образцах печенья находились в пределах, регламентируемых ГОСТ 24901-2014.

При введении толокна овсяного в исследуемых количествах в рецептурные модели сахарного печенья наблюдается динамика незначительного снижения плотности теста вследствие уменьшения общего количества белков, способствующих образованию клейковины, связыванию воды и повышению его упруго-вязких свойств. В готовых изделиях наблюдается обратный характер изменения плотности. В PM_3 и PM_4 данный показатель увеличивается, по сравнению с контрольным образцом, – на 17,5 и 22,2 % соответственно. Это может быть обусловлено недостаточным количеством белков муки, способствующих формированию клейковинного каркаса и структуры печенья.

Полученные данные изменения плотности теста коррелируются с рассмотренным выше характером изменения плотности в модельных суспензиях (рис. 13).

Показатель намокаемости, наряду с показателем плотности, является важной оценкой качества сахарного печенья, косвенно характеризующий его структуру и пористость. При введении в рецептуру толокна овсяного в концентрациях PM_1 и PM_2 наблюдается положительная динамика изменения данного показателя. Она обусловлена снижением количества клейковины и ограниченным набуханием белков пшеничной муки, вследствие чего формируется рассыпчатая песчанистая структура печенья. Дальнейшее увеличение концентрации

Таблица 4. Качественные характеристики готовых изделий

Table 4. Quality characteristics of finished products

Наименование показателя	Рецептурные модели				
	Контроль	PM_1	PM_2	PM_3	PM_4
Массовая доля общего сахара, %	20,1	19,8	19,8	19,5	19,4
Намокаемость, %	193	220	221	180	159
Прочность, г	1430	1480	1560	1670	1700
Активность воды	0,360	0,341	0,301	0,299	0,290

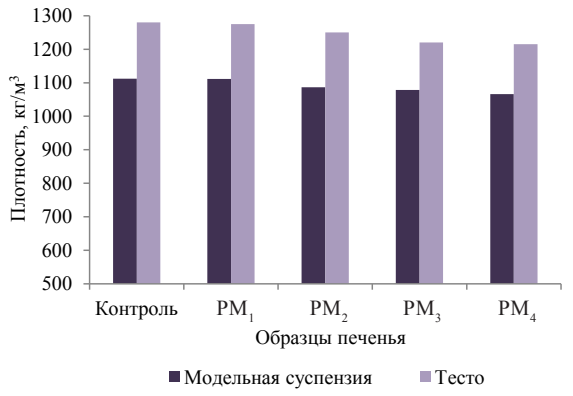

Рисунок 13. Сравнительные показатели плотности модельных суспензий композитных смесей муки и теста

Figure 13. Comparative indicators of the density of model suspensions of composite flour mixes and dough

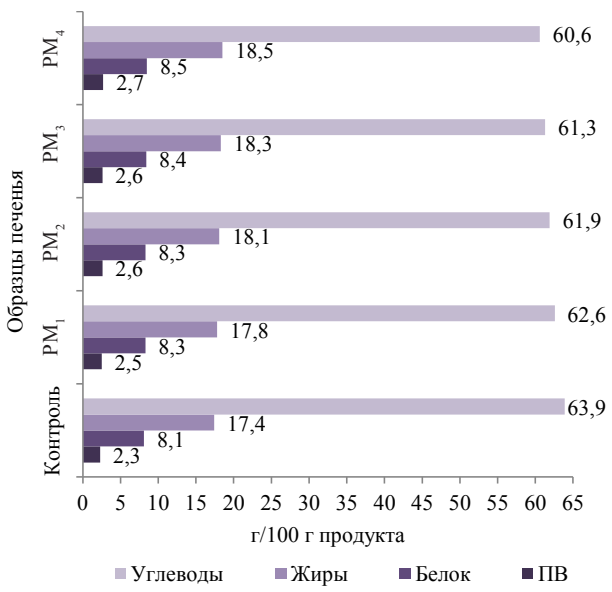

Рисунок 14. Химический состав контрольного образца и рецептурных моделей печенья

Figure 14. Chemistry: control sample vs. cookie formulations

толокна овсяного в PM_3 и PM_4 приводит к снижению показателя намокаемости готовых изделий, свидетельствующему об уплотнении их структуры, а также снижении пористости и рассыпчатости изделий.

Активность воды A_w – показатель, являющийся характеристикой состояния влаги в продукте. Наряду с массовой долей влаги активность воды является фактором, влияющим на рост микроорганизмов, скорость протекания химических и физико-химических процессов в готовом изделии и его стабильность в процессе хранения. Активность воды зависит не только от массовой доли влаги в продукте, но и от его рецептурного состава и вида используемых сырьевых компонентов. Результаты исследований данного показателя демонстрируют, что толокно овсяное способствует связыванию водной фазы печенья, обеспечивая снижение активности воды в готовом изделии по мере увеличения его концентрации. Данный факт может оказывать положительное влияние на стабильность продукта при хранении.

С целью изучения влияния толокна овсяного на химический состав сахарного печенья произведен расчет показателей содержания белка, жира и углеводов (рис. 14).

Установлено, что замена муки пшеничной высшего сорта на толокно овсяное в рецептуре сахарного печенья приводит к изменению показателей его химического состава. Замена 50 % муки пшеничной высшего сорта на толокно овсяное (PM_4) способствует увеличению содержания белка на 5 %, жира на 6 % и приводит к снижению углеводов на 5 %. Содержание пищевых волокон в толокне овсяном на 30 % превышает их содержание в муке пшеничной высшего сорта. Несмотря на это, введение его в рецептуру сахарного печенья в максимальном количестве 50 % (PM_4) обеспечивает увеличение содержания пищевых волокон лишь на 17 % (до 2,7 г/100 г изделия).

Для потребителей неотъемлемой составляющей качества пищевой продукции являются ее органолептические характеристики, в частности внешний вид и вкусовое восприятие. В работе оценка готовых изделий осуществлялось с использованием качественного и количественного методов. При количественном методе тестируемый образец печенья оценен по 5-балльной системе по следующим

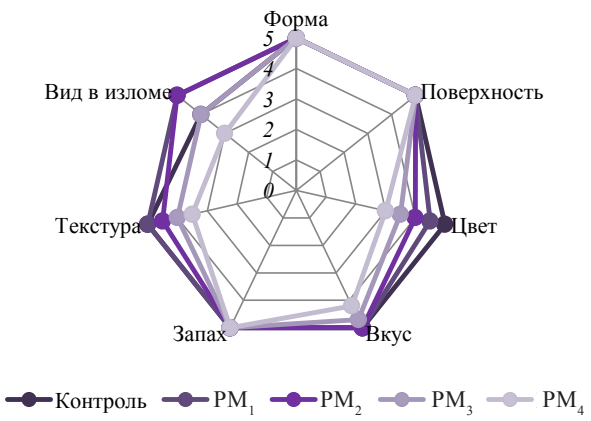

Рисунок 15. Органолептическая оценка контрольного образца и рецептурных моделей печенья

Figure 15. Sensory evaluation: control sample vs. cookie formulations

критериям качества: форма, поверхность, цвет, вид в изломе, запах, вкус и текстура. Распределение баллов по каждому дескриптору органолептических показателей готовых изделий представлено на профилограмме (рис. 15).

Качественные характеристики по каждому дескриптору контрольного образца и рецептурных моделей описаны таблице 5.

Органолептическая оценка показала, что тестируемые образцы готовых изделий с модифицированным составом имеют высокую дегустационную оценку по показателям формы и поверхности. С увеличением количества толокна овсяного в изделиях наблюдалось нарастание интенсивности соломенного цвета с преобладанием серого оттенка, что привело к снижению оценки данного показателя дегустаторами во всех рецептурных моделях. В $РМ_1$ и $РМ_2$ появляется приятный орехово-злаковый оттенок вкуса. В $РМ_3$ и $РМ_4$ наблюдается доминирование вкуса толокна овсяного, не оказывающего отрицательного воздействия на общую приемлемость печенья. Установлено существенное влияние толокна овсяного на текстуру готовых изделий. В $РМ_1$ и $РМ_2$ присутствует характерная для сахарного печенья сухая и рассыпчатая текстура. В $РМ_3$ и $РМ_4$ появляется сопротивляемость печенья откусыванию и разжевыванию. В данных рецептурных моделях смачивание слюной продукта при разжевывании приводит к образованию массы вязкой и клейкой структуры, негативно влияющей на общее восприятие изделия и наиболее ярко проявляющиейся в $РМ_4$. $РМ_1$ и $РМ_2$ обладают лучшей пористостью по сравнению с контрольным образцом. Однако $РМ_3$ и

Таблица 5. Качественные характеристики контрольного образца и рецептурных моделей

Table 5. Qualitative characteristics: control sample vs. cookie formulations

Наименование показателя	Рецептурные модели				
	Контроль	$РМ_1$	$РМ_2$	$РМ_3$	$РМ_4$
Форма	Правильная, круглая, равномерная по всей толщине, без вздутий и повреждений края				
Поверхность	Гладкая, ровная, сухая, без трещин и прочих дефектов				
Цвет	Равномерный по всему объему изделия, насыщенный светло-соломенный	Равномерный по всему объему, светло-соломенный со слегка сероватым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с сероватым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с серым оттенком	Равномерный по всему объему, темно-соломенный с серым оттенком
Вкус и запах	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные. Приятное орехово-злаковое послевкусие	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные. Орехово-злаковый вкус	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Овсяный вкус	Свойственные выпеченному изделию. Преобладание интенсивного овсяного вкуса с жареной нотой
Текстура	При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая		При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания	Плотная, рассыпчатая, слегка крошащаяся, появляется небольшая сопротивляемость откусыванию и вязкость массы при разжевывании	Плотная, не рассыпчатая, значительная сопротив-ляемость откусыванию и вязкость массы при разжевывании
Вид в изломе	Пропеченное по всему объему без пустот и следов непромеса	Пропеченное по всему объему с тонкостенной мелкой пористостью, без пустот	Пропеченное по всему объему, пористость равномерная с горизонтально направленными порами среднего размера	Пропеченное по всему объему, со среднего размера слегка неравномерными горизонтально направленными порами	Пропеченное по всему объему с неравно-мерной и недостаточной пористостью

Таблица 6. Количество муки пшеничной, толокна овсяного и хлопьев овсяных в рецептурных моделях

Table 6. Amount of wheat flour, oat meal, and oat flakes in cookie formulations

Наименование и характеристики сырья	Соотношение компонентов муки, % от ее общего количества			
	$РМ_3$	$РМ_5$	$РМ_4$	$РМ_6$
Мука пшеничная высший сорт	60	60	50	50
Толокно овсяное	40	30	50	30
Хлопья овсяные	–	10	–	20

$РМ_4$ характеризуются недостаточной и неравномерно развитой пористостью.

Отрицательная динамика изменения качественных характеристик образцов печенья с высоким содержанием продуктов переработки овса (толокна овсяного) ($РМ_3$ и $РМ_4$) предопределила проведение третьего этапа исследований: увеличения содержания продуктов переработки овса в сахарном печенье путем введения в его рецептурный состав хлопьев овсяных взамен части толокна овсяного и создание рецептурных моделей $РМ_5$ и $РМ_6$. Для выполнения поставленной задачи в рецептурной модели $РМ_3$ овсяные хлопья вводили взамен 25 % овсяного толокна ($РМ_5$). В обеих рецептурных моделях на продукты переработки овса было заменено 40 % муки пшеничной. В $РМ_4$ овсяные хлопья вводили взамен 40 % овсяного толокна ($РМ_6$), во второй паре рецептурных моделей на продукты переработки овса заменили 50 % муки пшеничной (табл. 6).

Эксперимент проводили при константных качественных характеристиках и рецептурных соотношениях всего остального сырья, идентичных

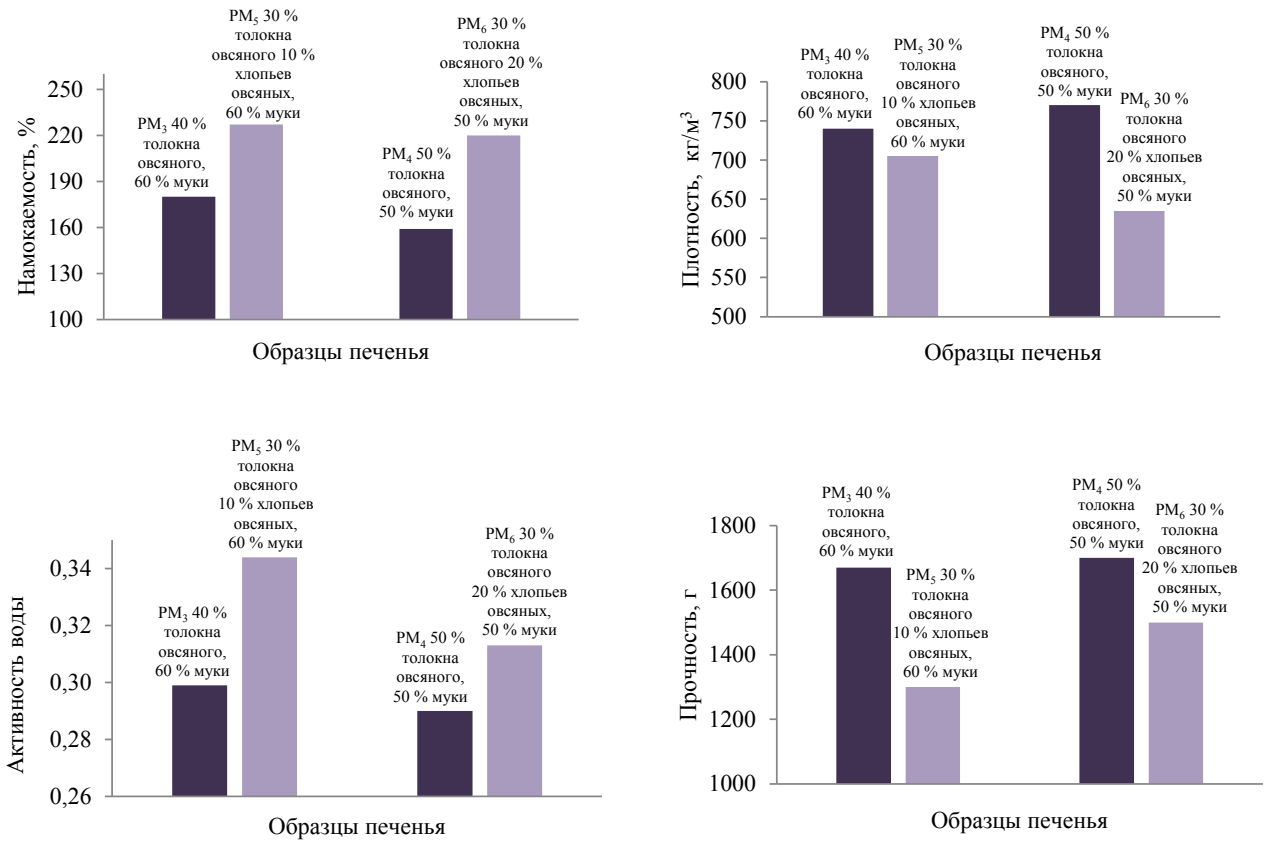

Рисунок 16. Качественные характеристики печенья с овсяными хлопьями в сравнении с печеньем с толокном овсяным

Figure 16. Qualitative characteristics: cookies with oat flakes vs. oat meal cookies

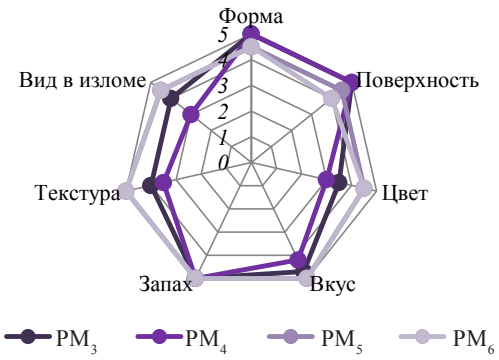

Рисунок 17. Органолептические характеристики печенья с овсяными хлопьями в сравнении с печеньем с толокном овсяным

Figure 17. Sensory properties: cookies with oat flakes vs. oat meal cookies

технологических режимах и параметрах производства изделий.

Результаты исследования качественных характеристик печенья с овсяными хлопьями ($РМ_5$ и $РМ_6$) в сравнении с $РМ_3$ и $РМ_4$ представлены на рисунке 16.

Сравнение в парах рецептурных моделей $РМ_3/РМ_5$ и $РМ_4/РМ_6$ показало, что ведение в рецептуру печенья хлопьев овсяных взамен части толокна привело к положительной динамике изменения качественных характеристик готовых изделий, по сравнению с образцами, содержащими высокие концентрации толокна овсяного. Намокаемость изделий увеличилась в паре $РМ_3/РМ_5$ – на 26 %, в паре $РМ_4/РМ_6$ – на 38 %. При этом увеличение общего количества овсяных хлопьев в рецептуре ($РМ_6$) привело к снижению показателя намокаемости печенья по сравнению с $РМ_5$. Наблюдается снижение плотности и прочности готовых изделий, в том числе обусловленное разницей в размерах частиц дисперсной фазы толокна и хлопьев, влияющей на формирование и характер конечной структуры изделия. Дисперсность толокна и удельная поверхность его частиц значительно выше, чем у овсяных хлопьев. В связи с этим в образцах с хлопьями наблюдается увеличение показателя активности воды вследствие снижения количества связанной влаги.

Результаты исследования качественных характеристик печенья с овсяными хлопьями $РМ_5$ и $РМ_6$ в сравнении с $РМ_3$ и $РМ_4$ представлены на рисунке 17.

Органолептическая оценка показала, что тестируемые образцы готовых изделий с введением овсяных хлопьев имеют высокую дегустационную оценку по всем рассматриваемым дескрипторам. Изделия имеют правильную и равномерную по всей толщине форму, без вздутий и повреждений края, поверхность с характерными вкраплениями частиц хлопьев и незначительной шероховатостью, отрицательно не сказывающимися на общем восприятии изделия. Цвет темно-соломенный. Вкус характерно выраженный, приятный с гармоничным овсяно-злаковым привкусом без постороннего запаха. Текстура рассыпчатая, слегка крошащаяся с небольшой сопротивляемостью при откусывании, более ярко выраженной в $РМ_6$. В изломе изделия, пропеченного по всему объему, наблюдаются неравномерные поры среднего размера, обусловленные наличием фракций хлопьев овсяных, с присутствием вкраплений коричневого цвета. В сравнении с рецептурными моделями с толокном ($РМ_3$ и $РМ_4$) рецептурные модели с хлопьями ($РМ_5$ и $РМ_6$) были более высоко оценены дегустаторами. Однако $РМ_5$ (с 10 % хлопьев, 30 % толокна овсяного и 60 % муки пшеничной) имеет более высокие дегустационные баллы по всем дескрипторам.

Жирнокислотный состав жировой фракции сахарного печенья позволяет прогнозировать интенсивность протекания окислительных процессов и оказывает существенное влияние на их стабильность в процессе хранения. Исследования жирнокислотного состава, наряду с другими факторами, позволяют прогнозировать сроки годности продуктов (табл. 7).

Таблица 7. Жирнокислотный состав жировой фракции печенья

Table 7. Fatty acid composition of the fatty fraction in cookies

Жирная кислота	Обозначение	Рецептурные модели				
		Контроль	$РМ_1$	$РМ_2$	$РМ_3$	$РМ_4$
Лауриновая	12:0	0,1	–	–	–	–
Миристиновая	14:0	0,6	0,9	0,8	0,8	0,3
Пальмитиновая	16:0	39,8	38,6	40,4	40,5	41,1
Стеариновая	18:0	4,5	6,0	4,4	4,4	4,3
Олеиновая	18:1	40,0	39,9	39,4	39,8	39,0
Линолевая	18:2	12,1	12,6	13,6	13,2	13,3
Арахиновая	20:0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Гадолеиновая	20:1	–	0,2	–	0,1	0,1

Установлено, что введение в рецептурный состав печенья продуктов переработки овса в исследуемых количествах не оказало существенного влияния на состав жировой фракции рецептурных моделей. Во всех изделиях жировая фракция характеризуется высоким содержанием насыщенной пальмитиновой (38,6–41,1 %) и мононенасыщенной олеиновой кислот (39,0–40,0 %), наличием ненасыщенной линолевой кислоты (12,1–13,3 %). Увеличение массовой доли толокна овсяного в рецептуре печенья от 0 до 50 % приводит к увеличению массовой доли линолевой кислоты на 1,1–1,5 %, что прогнозирует увеличение риска окислительной порчи.

Выводы

Введение толокна овсяного в рецептуру сахарного печенья, в зависимости от концентрации, приводит к увеличению вязкости теста, повышению намокаемости (в количестве до 30 % от массы муки) и снижению показателя активности воды готовых изделий. Использование толокна овсяного позволяет снизить общее количество клейковины в тесте и в определенных концентрациях способствует формированию лучшей структуры изделия по сравнению с контрольным образцом с мукой пшеничной. Оптимальным количеством для сахарного печенья является введение 30 % толокна овсяного взамен муки пшеничной. Повышение количества указанного сырья свыше 30 % приводит к отрицательной динамике изменения качественных и органолептических характеристик продукта, а именно способствует снижению показателя намокаемости. Дальнейшее увеличение продуктов переработки овса в рецептурах печенья можно производить за счет введения дополнительно к толокну овсяных хлопьев. Это способствует повышению баллов при дегустационной оценке по каждому из рассматриваемых критериев, снижает показатели плотности и увеличивает намокаемость полученных изделий. Оптимальное количество овсяных хлопьев, дополнительно вводимых к толокну овсяному, составляет 10 % от общего количества муки в рецептуре. Продукты переработки овса оказывают влияние на жирнокислотный состав печенья, способствуя повышению массовой доли линолевой кислоты. Это может увеличивать риск окислительной порчи готового изделия. Модификация нутриентного состава сахарного печенья путем введения в рецептурный состав продуктов переработки овса (толокна овсяного и хлопьев овсяных) является одним из доступных путей совершенствования нутриентного состава мучных кондитерских изделий, в том числе за счет повышения содержания растворимых пищевых волокон – бета-глюкана. При этом данный способ модификации не требует изменения технологического процесса производства печенья и использования дополнительного оборудования. Разработанные рецептурные модели легли в основу создания ассортимента сахарного печенья для предприятий отрасли.

Критерии авторства

Н. А. Щербакова – 30 %, С. Ю. Мистенева – 30 %, О. А. Руденко – 15 %, Н. Б. Кондратьев – 15 %, А. В. Баскаков – 10 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

N.A. Shcherbakova – 30%, S.Yu. Misteneva – 30%, O.S. Rudenko – 15%, N.B. Kondrat'ev – 15%, A.V. Baskakov – 10%.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. What is improper nutrition? URL: https://www.who.int/features/qa/malnutrition/ru/ (date of the application: 01.04.2021).

2. Principles of sustainable healthy diets in worldwide dietary guidelines: Efforts so far and future perspectives / D. Martini [et al.] // Nutrients. 2021. Vol. 13. № 6. https://doi.org/10.3390/nu13061827.

3. The burden of excessive saturated fatty acid intake attributed to ultra-processed food consumption: a study conducted with nationally representative cross-sectional studies from eight countries / E. M. Steele [et al.] // Journal of Nutritional Science. 2021. Vol. 10. https://doi.org/10.1017/jns.2021.30.

4. Cena H., Calder P. C. Defining a healthy diet: Evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease // Nutrients. 2020. Vol. 12. № 2. https://doi.org/10.3390/nu12020334.

5. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe / V. Azaïs-Braesco [et al.] // Nutrition Journal. 2017. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12937-016-0225-2.

6. Законодательное обеспечение государственной политики в области производства функциональных и специализированных пищевых продуктов питания в Российской Федерации. URL: https://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/88318/ (дата обращения: 01.04.2021).

7. The impact of food reformulation on nutrient intakes and health, a systematic review of modelling studies / C. Federici [et al.] // BMC Nutrition. 2019. Vol. 5. № 1. https://doi.org/10.1186/s40795-018-0263-6.

8. Varzakas T., Kafetzopoulos D. Strategic reformulation for development of healthier food products: Emerging technologies and novel ingredients / editors V. Raikos, V. Ranawana // Reformulation as a strategy for developing healthier food products: Challenges, recent developments and future prospects. Cham: Springer, 2019. P. 199–217. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23621-2_9.

9. Adolescent snacking behaviors are associated with dietary intake and weight status / N. I. Larson [et al.] // Journal of Nutrition. 2016. Vol. 146. № 7. P. 1348–1355. https://doi.org/10.3945/jn.116.230334.

10. The link between the consumer and the innovations in food product development / R. P. F. Guiné [et al.] // Foods. 2020. Vol. 9. № 9. https://doi.org/10.3390/foods9091317.

11. Cauvain S. P., Clark R. H. Baking technology and nutrition: Towards a healthier world. Wiley, 2019. 222 p.

12. Rebello C. J., O'Neil C. E., Greenway F. L. Dietary fiber and satiety: The effects of oats on satiety // Nutrition Reviews. 2016. Vol. 74. № 2. P. 131–147. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv063.

13. Characterization of cereal β-glucan extracts from oat and barley and quantification of proteinaceous matter / C. Zielke [et al.] // PloS ONE. 2017. Vol. 12. № 2. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172034.

14. The cholesterol-lowering effect of oats and oat beta glucan: Modes of action and potential role of bile acids and the microbiome / S. A. Joyce [et al.] // Frontiers in Nutrition. 2017. Vol. 6. https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00171.

15. Steinert R. E., Raederstorff D., Wolever T. M. S. Effect of consuming oat bran mixed in water before a meal on glycemic responses in healthy humans – A pilot study // Nutrients. 2016. Vol. 8. № 9. https://doi.org/10.3390/nu8090524.

16. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods – a review / P. Rasane [et al.] // Journal of Food Science and Technology. 2015. Vol. 52. № 2. P. 662–675. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1.

17. The effect of oat β-glucan on postprandial blood glucose and insulin responses: a systematic review and meta-analysis / A. Zurbau [et al.] // European Journal of Clinical Nutrition. 2021. Vol. 75. № 11. P. 1540–1554. https://doi.org/10.1038/s41430-021-00875-9.

18. Johnson J., Wallace T. Whole grains and their bioactives: Composition and health. Wiley, 2019. 504 p. https://doi.org/10.1002/9781119129486.

19. Protein from oat: Structure, processes, functionality, and nutrition / O. E. Mäkinen [et al.] // Sustainable protein sources / editors S. R. Nadathur, J. P. D. Wanasundara, L. Scanlin. Academic Press, 2017. P. 105–119. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00006-8.

20. Ушаков Т. И., Чиркова Л. В. Овёс и продукты его переработки // Хлебопродукты. 2015. № 11. С. 49–51.

21. Чеботарев О. Н., Шаззо А. Ю., Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. М. – Ростов-на-Дону: МарТ, 2004. 688 с.

22. Аникина Е. Н., Пасько О. В. Конструирование молочно-растительной основы для производства биопродукта с овсяным толокном // Индустрия питания. 2018. Т. 3. № 1. С. 33–38. https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-6-1-5.

23. Использование овсяного толокна в технологии продуктов функционального назначения / А. Е. Куцова [и др.] // Вестник международной академии холода. 2015. № 2. С. 23–27.

24. Анализ современных тенденций в области производства продуктов питания для людей, ведущих активный образ жизни (часть 2) / Л. Г. Елисеева [и др.] // Пищевая промышленность. 2017. № 2. С. 11–15.

25. Loskutov I. G., Khlestkina E. K. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain // Plants. 2021. Vol. 10. № 1. https://doi.org/10.3390/plants10010086.

26. Мелешкина Е. П. О новых подходах к качеству пшеничной муки // Контроль качества продукции. 2016. № 11. С. 13–18.

27. Technological properties of flour and their effect on quality indicators of sugar cookies / T. V. Savenkova [et al.] // Пищевые системы. 2019. Т. 2. № 2. С. 13–19. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19.

28. A concise review on the molecular structure and function relationship of β-glucan / B. Du [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20. № 16. https://doi.org/10.3390/ijms20164032.

References

1. What is improper nutrition? [Internet]. [cited 2021 Apr 01]. Available from: https://www.who.int/features/qa/malnutrition/ru/.

2. Martini D, Tucci M, Bradfield J, Di Giorgio A, Marino M, Bo' CD, et al. Principles of sustainable healthy diets in worldwide dietary guidelines: Efforts so far and future perspectives. Nutrients. 2021;13(6). https://doi.org/10.3390/nu13061827.

3. Steele EM, Batis C, Cediel G, Louzada MLDC, Khandpur N, Machado P, et al. The burden of excessive saturated fatty acid intake attributed to ultra-processed food consumption: a study conducted with nationally representative cross-sectional studies from eight countries. Journal of Nutritional Science. 2021;10. https://doi.org/10.1017/jns.2021.30.

4. Cena H, Calder PC. Defining a healthy diet: Evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease. Nutrients. 2020;12(2). https://doi.org/10.3390/nu12020334.

5. Azaïs-Braesco V, Sluik D, Maillot M, Kok F, Moreno LA. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. Nutrition Journal. 2017;16(1). https://doi.org/10.1186/s12937-016-0225-2.

6. Zakonodatel′noe obespechenie gosudarstvennoy politiki v oblasti proizvodstva funktsional′nykh i spetsializirovannykh pishchevykh produktov pitaniya v Rossiyskoy Federatsii [Legislative support of state policy in the field of production of functional and specialized foods in the Russian Federation] [Internet]. [cited 2021 Apr 01]. Available from: https://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/88318/.

7. Federici C, Detzel P, Petracca F, Dainelli L, Fattore G. The impact of food reformulation on nutrient intakes and health, a systematic review of modelling studies. BMC Nutrition. 2019;5(1). https://doi.org/10.1186/s40795-018-0263-6.

8. Varzakas T, Kafetzopoulos D. Strategic reformulation for development of healthier food products: Emerging technologies and novel ingredients. In: Raikos V, Ranawana V, editors. Reformulation as a strategy for developing healthier food products: Challenges, recent developments and future prospects. Cham: Springer; 2019. pp. 199–217. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23621-2_9.

9. Larson NI, Miller JM, Watts AW, Story MT, Neumark-Sztainer DR. Adolescent snacking behaviors are associated with dietary intake and weight status. Journal of Nutrition. 2016;146(7):1348–1355. https://doi.org/10.3945/jn.116.230334.

10. Guiné RPF, Florença SG, Barroca MJ, Anjos O. The link between the consumer and the innovations in food product development. Foods. 2020;9(9). https://doi.org/10.3390/foods9091317.

11. Cauvain SP, Clark RH. Baking technology and nutrition: Towards a healthier world. Wiley; 2019. 222 p.

12. Rebello CJ, O'Neil CE, Greenway FL. Dietary fiber and satiety: The effects of oats on satiety. Nutrition Reviews. 2016;74(2):131–147. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv063.

13. Zielke C, Kosik O, Ainalem M-L, Lovegrove A, Stradner A, Nilsson L. Characterization of cereal β-glucan extracts from oat and barley and quantification of proteinaceous matter. PloS ONE. 2017;12(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172034.

14. Joyce SA, Kamil A, Fleige L, Gahan CGM. The cholesterol-lowering effect of oats and oat beta glucan: Modes of action and potential role of bile acids and the microbiome. Frontiers in Nutrition. 2017;6. https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00171.

15. Steinert RE, Raederstorff D, Wolever TMS. Effect of consuming oat bran mixed in water before a meal on glycemic responses in healthy humans – A pilot study. Nutrients. 2016;8(9). https://doi.org/10.3390/nu8090524.

16. Rasane P, Jha A, Sabikhi L, Kumar A, Unnikrishnan VS. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods – a review. Journal of Food Science and Technology. 2015;52(2):662–675. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1.

17. Zurbau A, Noronha JC, Khan TA, Sievenpiper JL, Wolever TMS. The effect of oat β-glucan on postprandial blood glucose and insulin responses: a systematic review and meta-analysis. European Journal of Clinical Nutrition. 2021;75(11):1540–1554. https://doi.org/10.1038/s41430-021-00875-9.

18. Johnson J, Wallace T. Whole grains and their bioactives: Composition and health. Wiley; 2019. 504 p. https://doi.org/10.1002/9781119129486.

19. Mäkinen OE, Sozer N, Ercili-Cura D, Poutanen K. Protein from oat: Structure, processes, functionality, and nutrition. In: Nadathur SR, Wanasundara JPD, Scanlin L, editors. Sustainable protein sources. Academic Press; 2017. pp. 105–119. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00006-8.

20. Ushakov TI, Chirkova LV. Oats and its products. Bread products. 2015;(11):49–51. (In Russ.).

21. Chebotarev ON, Shazzo AYu, Martynenko YaF. Tekhnologiya muki, krupy i kombikormov [Technology of flour, cereals, and compound feeds]. Moscow – Rostov-na-Donu: MarT; 2004. 688 p. (In Russ.).

22. Anikina EN, Pasko OV. Dairy and vegetable base engineering for bioproduct with oatmeal manufacture. Food Industry. 2018;3(1):33–38. (In Russ.). https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-6-1-5.

23. Kutsova AE, Kutsov SV, Sergienko IV, Lyutikova AO. The use of oatmeal in technology of functional foods. Journal of International Academy of Refrigeration. 2015;(2):23–27. (In Russ.).

24. Eliseeva LG, Gribova NA, Berketova LV, Kryukova EV. Analysis of current trends in the field of food products for people leading an active lifestyle (part 2). Food Processing Industry. 2017;(2):11–15. (In Russ.).

25. Loskutov IG, Khlestkina EK. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain. Plants. 2021;10(1). https://doi.org/10.3390/plants10010086.

26. Meleshkina EP. O novykh podkhodakh k kachestvu pshenichnoy muki [On new approaches to wheat flour quality]. Production Quality Control. 2016;(11):13–18. (In Russ.).

27. Savenkova TV, Soldatova EA, Misteneva SYu, Taleysnik MA. Technological properties of flour and their effect on quality indicators of sugar cookies. Food Systems. 2019;2(2):13–19. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19.

28. Du B, Meenu M, Liu H, Xu B. A concise review on the molecular structure and function relationship of β-glucan. International Journal of Molecular Sciences. 2019;20(16). https://doi.org/10.3390/ijms20164032.