

Проектирование и моделирование новых продуктов питания Engineering and modeling new food products

Научная статья
УДК 664.681.1+613.292
DOI: 10.14529/food230106

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПЕЧЕНЬЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РЕЦЕПТУРЕ МИКРОЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

С.П. Меренкова, *merenkovas@susu.ru*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Пищевые волокна (ПВ) – это многофункциональные пищевые ингредиенты, которые используют как технологические добавки, изменяющие структуру и свойства продуктов. Кроме того, ПВ оказывают положительное воздействие, на пищеварительную, сердечно-сосудистую систему, а также на уровень метаболизма организма. Целью исследования являлось технологическое обоснование использования микроцеллюлозы (МКЦ) и пищевых волокон для формирования функциональных свойств печенья. Объектом исследования являлась технология печенья сдобного «Овсяное» и «Благодатное»; контрольные и опытные образцы печенья с введением в рецептуру микроцеллюлозы (5 %) и пищевых волокон (3 %). Установлено возрастание массовой доли влаги для образцов, содержащих микроцеллюлозу и пищевые волокна; через 45 дней хранения отмечено снижение показателя на 5–12 % для всех образцов, наибольшие потери влаги отмечены для контрольных образцов. Образцы печенья с добавлением ПВ и МКЦ получили максимальные оценки при дегустационном анализе, отличались хорошим подъемом, наиболее мягкой и пластичной структурой. Печенье «Благодатное» характеризуется более мягкой структурой и менее упругими свойствами, по сравнению с печеньем «Овсяное». Изделия, содержащие МКЦ, отличаются наибольшей общей и пластической деформацией. Отмечено, что при хранении пластические свойства мучных кондитерских изделий уменьшаются в 2,0–2,8 раз. Установлено увеличение количества пищевых волокон для образцов, содержащих микроцеллюлозу и пищевые волокна, порция 50 грамм удовлетворяет суточную потребность в ПВ на 17–26 %. Все образцы печенья по окончании срока хранения соответствовали требованиям технического регламента. Для образцов, содержащих микроцеллюлозу и ПВ, значение КМАФАнМ было в 1,3–1,5 раза ниже относительно контрольных образцов, количество плесеней было меньше в 2 раза. Применение пищевых волокон и микроцеллюлозы способствует сохранению высоких потребительских свойств мучных кондитерских изделий, стабилизирует физико-химические и органолептические показатели качества изделий в процессе хранения.

Ключевые слова: печенье, пищевые волокна, микроцеллюлоза, структурно-механические свойства, микробиологические показатели, критерий Пирсона

Для цитирования: Меренкова С.П. Формирование функциональных свойств печенья при использовании в рецептуре микроцеллюлозы и пищевых волокон // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 1. С. 55–64. DOI: 10.14529/food230106

Original article
DOI: 10.14529/food230106

FORMATION OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF BISCUITS USING MICROCELLULOSE AND DIETARY FIBERS IN THE FORMULATION

S.P. Merenkova, *merenkovasp@susu.ru*
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Dietary fiber (DF) is a multifunctional food ingredient that is used as a technological additive that changes the structure and properties of products. In addition, DF have a positive impact, on the digestive, cardiovascular system, as well as on the level of metabolism of the body. The aim of the study was the technological substantiation of the use of microcellulose (MCC) and dietary fiber (DF) to form the functional properties of biscuits. The object of the study was the technology of biscuits “Oatmeal” and “Blagodatnoe”; control and experimental samples of biscuits which contained the microcellulose (5 %) and dietary fiber (3 %) in the formulation. Increase of mass fraction of moisture was established for samples containing microcellulose and dietary fibers; after 45 days of storage decrease of index by 5–12 % was noted for all samples, the greatest moisture losses were noted for control samples. Biscuit samples with the addition of DF m MCC received the highest scores during the tasting analysis – were distinguished by a good shape, the softest and most plastic structure. Biscuits “Blagodatnoe” are characterized by a softer structure and less elastic properties compared to the biscuits “Oatmeal”. Products containing MCC are characterized by the greatest general and plastic deformation. It is noted that during storage, the plastic properties of biscuits decrease by 2.0–2.8 times. The most pronounced signs of staleness were observed in the control. An increase in the amount of dietary fiber was found for samples containing microcellulose and dietary fiber, a portion of 50 grams satisfies the daily need for DF by 17–26 %. All biscuit samples at the end of the shelf life met the requirements of the technical regulations. For samples containing MCC and DF, the total microbial number was 1.3–1.5 times lower, relative to control samples, the number of molds was 2 times less. According to the results of calculating the Pearson criterion, the closeness of the correlation between the indicators: humidity – total deformation; the content of DF – total deformation – is very high for both types of biscuits. The use of dietary fiber and microcellulose contributes to the preservation of high consumer properties of flour confectionery products, reduces microbial contamination and stabilizes the physicochemical and organoleptic quality indicators of products during storage.

Keywords: biscuits, dietary fiber, microcellulose, structural and mechanical properties, microbiological parameters, Pearson's criterion

For citation: Merenkova S.P. Formation of functional properties of biscuits using microcellulose and dietary fibers in the formulation. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 55–64. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230106

Введение

Дефицит пищевых волокон (ПВ) в рационе человека получил распространение вследствие принципов глубокой переработки и рафинирования сырья. В последние десятилетия актуальным направлением пищевой промышленности является разработка продуктов питания, обогащенных пищевыми волокнами, что обусловлено возрастающим интересом населения к поддержанию здоровья, профилактики глобальных заболеваний и увеличению потребления продуктов питания, содержащих клетчатку. При создании таких продуктов необходимо

учитывать технологические аспекты применения разных типов пищевых волокон и целлюлозы в зависимости от требований к качеству конечного продукта [1].

Пищевые волокна – это многофункциональные, широко применяемые пищевые ингредиенты, которые используют как технологические добавки, изменяющие структуру и химические свойства пищевых продуктов. Кроме того, ПВ являются функциональными ингредиентами, которые оказывают положительное воздействие на пищеварительную, сердечно-сосудистую систему, а также на

уровень метаболизма организма [2–4]. Установлено, что при применении пищевых волокон в качестве обогащающей добавки корректируются потребительские свойства, пролонгируются сроки хранения пищевых продуктов [5, 6].

Целлюлоза является распространенным и возобновляемым природным полукристаллическим полисахаридом. Этот биополимер является ценным сырьем для производства натуральных волокон (НВ), микрокристаллической (МКЦ) и порошкообразной целлюлозы (ПК), которые широко используются в биомедицине, производстве пищевых добавок, пластмасс и других материалов [7, 8]. МКЦ характеризуется химической стойкостью, нерастворимостью в воде и органических растворителях, отсутствием вкуса, запаха и цвета, что позволяет использовать ее в качестве наполнителя, стабилизатора и эмульгатора в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности, а также при производстве строительных и полимерных композитов [9, 10]. Микрокристаллическую целлюлозу получают путем обработки целлюлозы избыточным количеством минеральных кислот для разрушения аморфных областей и уменьшения размера целлюлозного волокна до микронного уровня. МКЦ является перспективным природным материалом, который можно эффективно извлекать из различных типов источников, таких как древесина, трава, хлопок, сельскохозяйственные отходы, бактерии, водоросли и т. д. [11, 12].

Подходы к получению целлюлозы различные, такие как механический, термомеханический, химический, высадка целлюлозы из растворов, радиационно-химический и др. Независимо от способа получения целлюлозы все образующиеся порошки различаются морфологической структурой, степенью кристалличности, степенью полимеризации, химическим и гранулометрическим составом [13].

Высокие функционально-технологические свойства в сочетании с биологической ценностью позволяют отнести пищевые волокна к полифункциональным соединениям, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности. Различают несколько направлений применения препаратов пищевых волокон – в производстве продуктов питания и напитков, получение пищевых добавок и фармацевтических препаратов [14, 15]. Доказано, что использование клетчатки в рецептурах из-

делий способствует стабилизации реологических показателей, снижает потери при термообработке и замедляет черствение при хранении, благодаря высокой влаго- и жиросвязывающей способности [16–18].

Учитывая вышеизложенное, **целью настоящего исследования** являлось технологическое обоснование использования микроцеллюлозы и пищевых волокон для формирования функциональных свойств кондитерских изделий.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись рецептура и технология печенья сдобного «Овсяное» и «Благотатное»; контрольные и опытные образцы печенья с введением в рецептуру микроцеллюлозы (5 %) и пищевых волокон (3 %).

Материалами для исследований являлись: микрокристаллическая целлюлоза и пищевые волокна. Добавки были куплены у дистрибьютора.

Пищевые растительные волокна «РУЗАЦЕЛЬ F 200. Страна производства: Россия, ООО «МК Рузский». Продукт соответствует: ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2011.

Целлюлоза микрокристаллическая (МКЦ) – Р-2019/USP-41 с размером частиц 200 mesh (70–80 microns) (Silverline chemicals, Индия).

Исследования проводили в лабораториях: кафедры «Пищевые и биотехнологии» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»; Центра гигиены и эпидемиологии Челябинской области. Сенсорный анализ экспериментальных изделий проводили согласно ГОСТ 24901 по 30-балльной шкале. Определение массовой доли влаги в изделиях проводили по ГОСТ 21094; структурно-механических показателей – с использованием СТ-2. Содержание пищевых волокон определяли по ГОСТ Р 54014.

По методу параметрической статистики определили наличие линейной связи между двумя количественными показателями, оценили ее тесноту и статистическую значимость. Критерий корреляции Пирсона позволяет определить, изменяется ли один показатель в ответ на изменения другого.

Исследования показателей качества и безопасности печенья устанавливали для свежих образцов и для изделий через 45 суток хранения.

Результаты исследования и обсуждение

Технология производства печенья сдобно-овсяного и овсяного включает следующие

параметры: влажность теста 20–25 %, продолжительность замеса – 11 минут. Формование заготовок отсадкой, масса тестовых заготовок 50,0–57,0 г. Температура выпечки изделий 210–212 °С, продолжительность выпечки – 12 минут. Микроцеллюлозу или пищевые волокна при введении в тесто предварительно растворяют в небольшом объеме воды, гомогенизируют при 2800 об/мин в течение 5 минут.

Физико-химические показатели кондитерских изделий зависят от соблюдения параметров технологического процесса. В эксперименте установлено возрастание массовой доли влаги для образцов, содержащих микроцеллюлозу и пищевые волокна, что может быть связано с влагоудерживающими свойствами данных компонентов. В связи с тем, что пищевые волокна клетчатки имеют капиллярную структуру, удержание воды происходит поверхностью волокон, а также внутри капиллярных каналов в трехмерном каркасе. Это способствует тому, что влага равномерно распределяет-

ся и прочно удерживается, улучшается структура готового изделия [5]. При анализе содержания влаги для обоих наименований печенья через 45 дней хранения отмечено снижение показателя на 5–12 % для всех образцов, наименьшие потери влаги отмечены для образцов, содержащих ПВ и МКЦ (рис. 1).

В результате физико-химического исследования можно заключить, что препараты пищевых волокон и микроцеллюлозы способствуют повышению намокаемости и удельного объема изделий, за счет гидроколлоидных свойств данных компонентов, что в итоге положительно влияет на органолептические свойства печенья.

Образцы печенья с добавлением ПВ и МКЦ характеризуется наилучшими органолептическими характеристиками, так как получили максимальные оценки при дегустационном анализе, – отличались хорошим подъемом, наиболее мягкой и пластичной структурой (рис. 2).

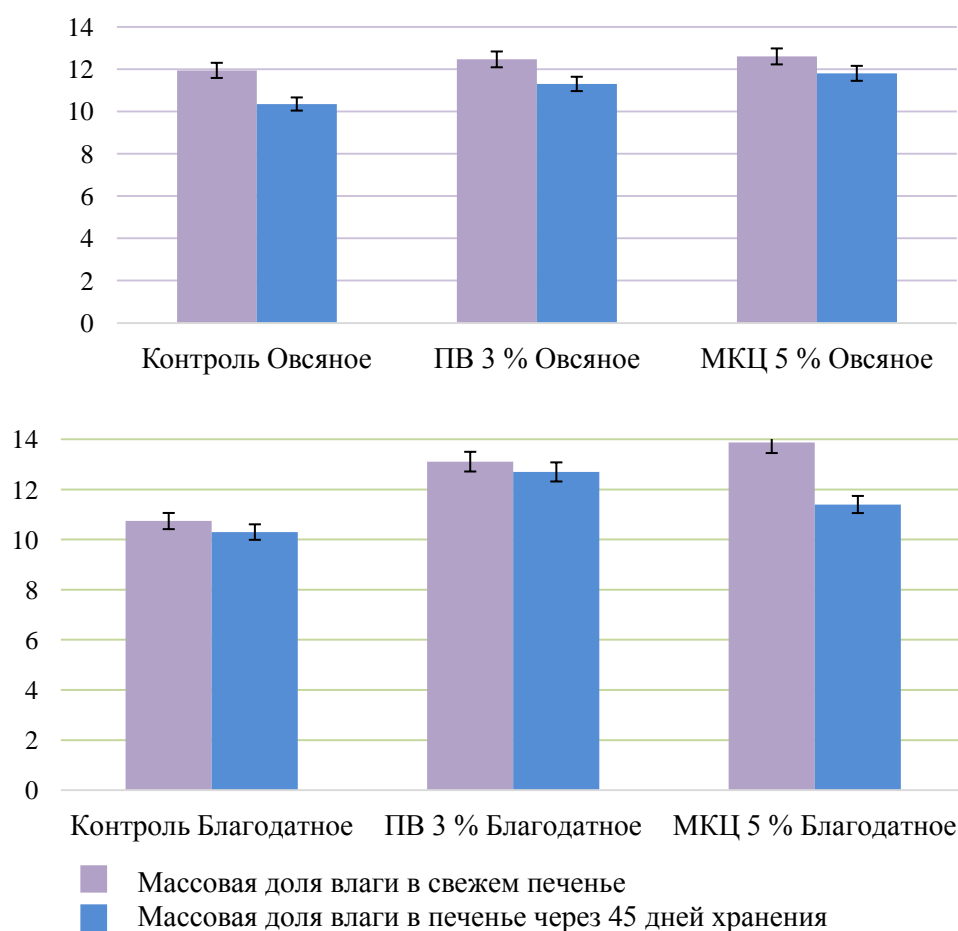


Рис. 1. Динамика содержания влаги в образцах печенья в процессе хранения

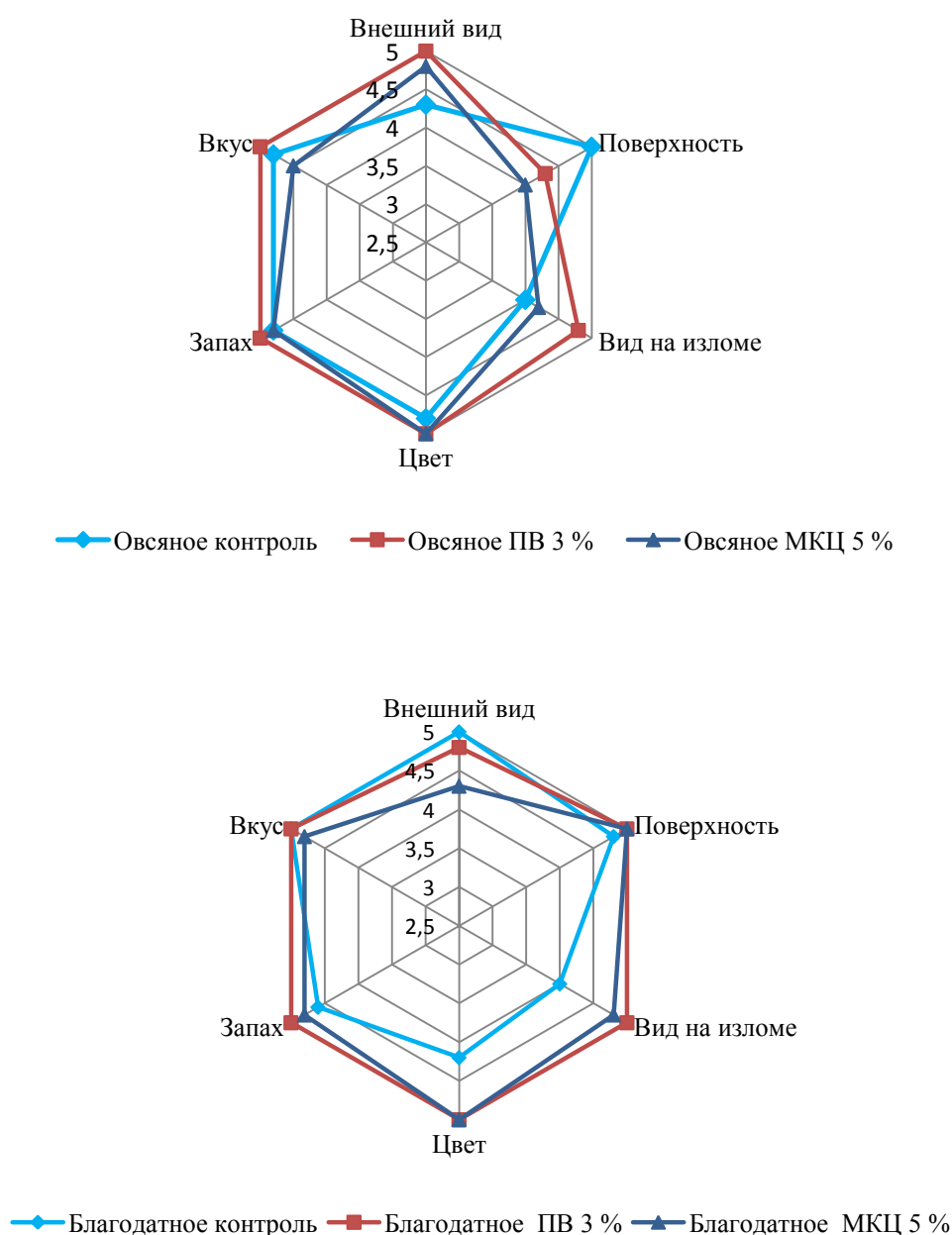


Рис. 2. Результаты балльной оценки органолептических показателей образцов печенья

В результате анализа структурно-механических свойств установлено, что печенье «Благодатное» характеризуется более мягкой структурой и менее упругими свойствами, по сравнению с печеньем «Овсяное». Изделия, содержащие МКЦ, отличаются наибольшей общей и пластической деформацией. Для наименования печенья «Овсяное» наиболее мягкой и пластичной структурой отличаются образцы, содержащие микроцеллюлозу (5 %); а также образцы с ПВ (3 %) (деформация 5,13–

6,65 мм). Образцы № 1 (контроль) характеризуются плотной структурой, невысокой общей и пластической деформацией (табл. 1, 2).

Доказано, что при хранении пластические свойства мучных кондитерских изделий уменьшаются в 2,0–2,8 раз, что связано с процессами ретроградации крахмала и потерей гидрофильных свойств белков и полисахаридов. Наиболее выражены признаки черствения в контроле. Для наименования печенья «Овсяное» наибольшая пластическая дефор-

Таблица 1

Результаты анализа структурно-механических свойств печенья «Овсяное»

Номер образца	Наименование образца	Значение показателя			
		Общая деформация $H_{\text{общ}}$, мм	Пластическая деформация $H_{\text{пл}}$, мм	Упругая деформация $H_{\text{упр}}$, мм	Модуль упругости Δh
Образец 1	Контроль	4,32 ± 0,31	2,74 ± 0,22	2,02 ± 0,15	0,634
Образец 2	К + ПВ 3 %	5,13 ± 0,44	2,93 ± 0,19	2,20 ± 0,17	0,571
Образец 3	К + МКЦ 5 %	6,65 ± 0,17	3,62 ± 0,25	3,04 ± 0,26	0,544

Таблица 2

Результаты анализа структурно-механических свойств печенья «Благодатное»

Номер образца	Наименование образца	Значение показателя			
		Общая деформация $H_{\text{общ}}$, мм	Пластическая деформация, $H_{\text{пл}}$, мм	Упругая деформация $H_{\text{упр}}$, мм	Модуль упругости Δh
Образец 1	Контроль	4,53 ± 0,37	2,69 ± 0,31	1,84 ± 0,21	0,594
Образец 2	К + ПВ 3 %	5,12 ± 0,35	2,61 ± 0,30	2,50 ± 0,07	0,519
Образец 3	К + МКЦ 5 %	6,75 ± 0,31	3,35 ± 0,25	3,35 ± 0,21	0,496

мация отмечена для образцов, содержащих микроцеллюлозу в количестве 5 %. Это связано с водоудерживающими свойствами микроцеллюлозы и свидетельствует о способности МКЦ ингибировать процессы высыхания. Для образцов печенья «Благодатное» в целом отмечены лучшие пластические свойства, а наибольшая мягкость и пластичность через 45 суток сохранилась в образце 2 (ПВ 3 %).

Так как разработанный вид сдобного и овсяно-сдобного печенья позиционируется как продукт функционального назначения, определено содержание ПВ в готовых изделиях (рис. 3).

Установлено увеличение количества пищевых волокон для образцов, содержащих микроцеллюлозу и пищевые волокна в обоих наименованиях печенья. Порция печенья с пищевыми волокнами в количестве 50 грамм сможет удовлетворять суточную потребность в ПВ на 17 %, а с добавлением микроцеллюлозы – на 26 %, следовательно, разработанные наименования печенья можно отнести к категории «функциональный» продукт.

Одним из важных потребительских свойств пищевых продуктов является способность поддерживать исходные количествен-

ные и качественные характеристики без значительных потерь в течение установленного срока хранения. Важным критерием для оценки срока годности пищевых продуктов является безопасность, за которой следует качество, включая физические, химические и органолептические свойства.

Образцы печенья закладывали на хранение в течение 45 суток, проводили исследования микробиологических свойств согласно МУК 4.2.1847-04. 4.2. и ГОСТ 10444.15-94. Было установлено что все исследуемые образцы печенья по окончании срока хранения соответствовали требованиям ТР ТС 021 по показателям: КМАФАнМ, содержание БГКП, количество плесеней и дрожжей. Для образцов, содержащих микроцеллюлозу и ПВ, значение КМАФАнМ было в 1,3–1,5 раза ниже относительно контрольных образцов, количество плесеней было меньше в 2 раза.

С целью анализа взаимосвязи, а также прогнозирования динамики изменения технологических свойств сложносоставных пищевых систем применяют математические методы прогноза и анализа полученных результатов, при этом рассчитывают коэффициент корреляции Пирсона, уравнение парной ли-

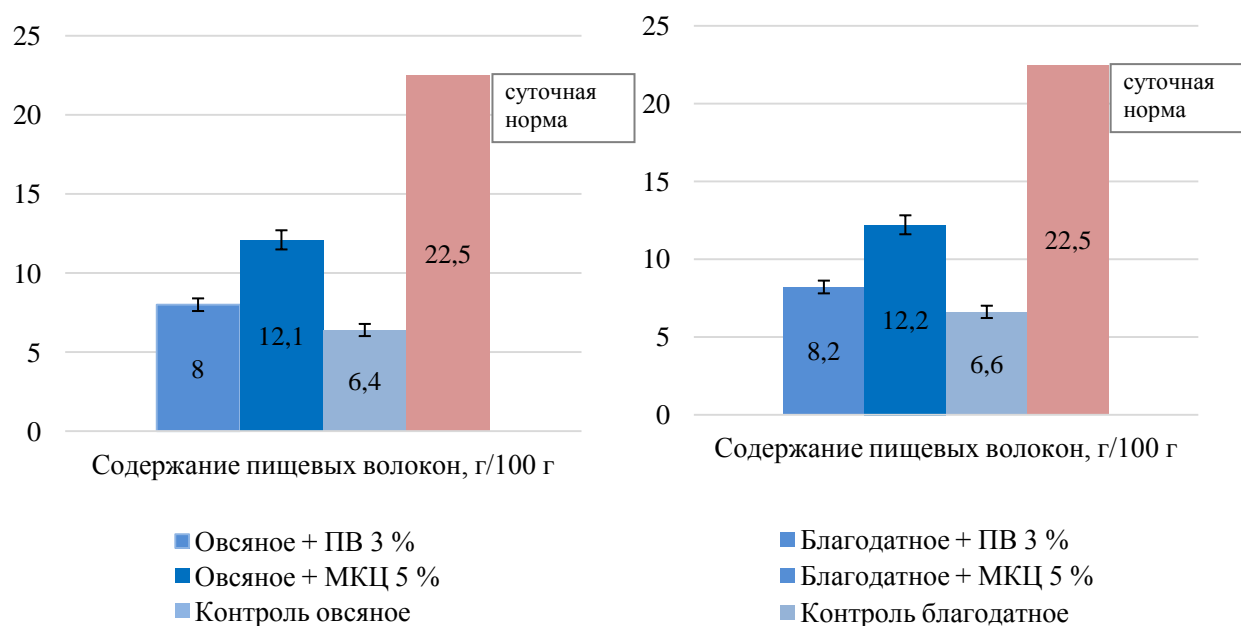


Рис. 3. Содержание пищевых волокон в образцах печенья

нейной регрессии и коэффициент аппроксимации.

Был проведен математический анализ корреляции экспериментальных данных, характеризующих технологические свойства печенья «Овсяное» и «Благодатное». В результате решения алгоритмов установлена высокая взаимозависимость между следующими парами показателей (табл. 3).

По результатам расчета критерия Пирсона теснота корреляционной связи между анализируемыми показателями: влажность изделий – общая деформация; содержание ПВ – общая деформация, – весьма высокая для обоих наименований печенья, так как абсолютное значение критерия (r_{xy}) более 0,9. Данная корреляционная связь является статистически значимой, так как рассчитанное значение t_r больше $t_{крит}$ (4,303). В результате математического анализа установлено, что значения показателей: общая деформация и содержание в них пищевых волокон – нахо-

дятся в тесной взаимосвязи с показателями общая деформация и влажность печенья (рис. 4).

Заключение

Полученные результаты исследования позволили обосновать, что применение пищевых волокон и микроцеллюлозы способствует сохранению высоких потребительских свойств мучных кондитерских изделий, снижает микробную обсемененность и стабилизирует физико-химические и органолептические показатели качества изделий в процессе хранения. Употребление кондитерских изделий с внесением в рецептуру МКЦ в количестве 5 % и ПВ в количестве 3 % удовлетворяет суточную потребность в пищевых волокнах на 17–26 %. Рецептуры и технологии, предложенные при выполнении научно-исследовательской работы, внедрены в производственный цикл овсяной и сдобной группы печенья на кондитерской фабрике ООО «Триумф».

Результаты расчета критерия Пирсона для образцов печенья

Взаимосвязь показателей	Коэффициент корреляции (r)	Значение t_r	Степень достоверности $t_{крит} = 4,303$	Система уравнений парной линейной регрессии
Влажность и деформация «Овсяное»	0,973	8,46	$p \leq 0,05^{**}$	$3a + 36,94b = 16,1$ $36,94a + 455,08b = 198,98$
Влажность и деформации «Благодатное»	0,950	6,09	$p \leq 0,05^{**}$	$3a + 37,72b = 16,4$ $37,72a + 479,6b = 209,4$
Содержание ПВ и деформация «Овсяное»	0,997	19,11	$p \leq 0,01^{***}$	$3a + 26,5b = 16,1$ $26,5a + 251,37b = 149,15$
Содержание ПВ и общая деформация «Благодатное»	1,00	65,5	$p \leq 0,001^{***}$	$3a + 27b = 16,4$ $27a + 259,64b = 154,23$

** средняя степень достоверности; *** высокая степень достоверности

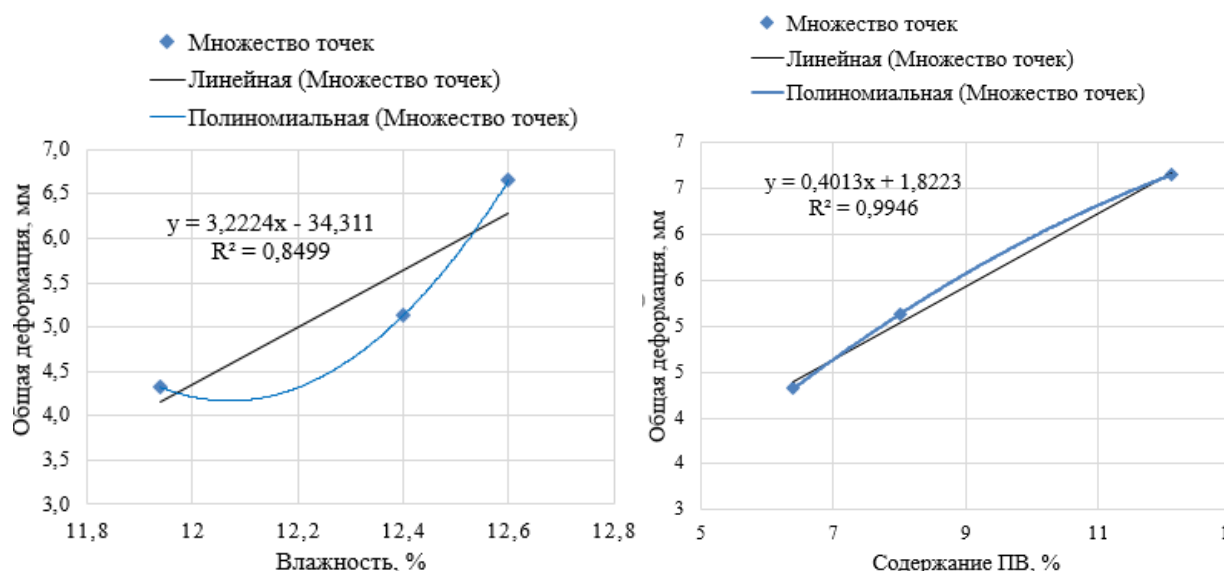


Рис. 4. Графики парной линейной и полиномиальной регрессии показателей образцов печенья «Овсяное»

Список литературы

1. Global Dietary Fibers Market Size, Share, Growth Analysis, By Material(Fruits & Vegetables, Cereals & Grains), By Type(Soluble (Inulin, Pectin), By Application (Food and Beverages, Pharmaceuticals) – Industry Forecast 2022–2028. URL: <https://skyquestt.com/report/dietary-fibers-market>. Режим доступа 28.01.23.
2. Борисюк С.В., Нотова С.В., Кван О.В. Влияние различного уровня потребления пищевых волокон в рационе на элементный состав костной ткани беременных самок крыс // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 5. (193). С. 41–45.
3. Донская Г.А., Ишмаматьева М.В. Пищевые волокна стимуляторы роста полезной микрофлоры организма человека // Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. 2004. № 1. С. 21.

4. Шишкина Д.И., Шишкина Е.И. Использование пищевых волокон в функциональных продуктах при онкологических заболеваниях // *Аллея науки*. 2018. Т. 3. № 5(21). С. 30–34.
5. Ипатов Л.Г., Кочеткова А.А., Шубина О.Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон // *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2004. № 1. С. 14–17.
6. Сидоренко Т.А. Использование пищевых волокон в производстве сдобного печенья // *Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал*. 2007. № 2. С. 434.
7. Алешина Л.А., Мелех Н.В., Фофанов А.Д. Исследования структуры целлюлоз и лигнинов различного происхождения // *Химия растительного сырья*. 2005. № 3. С. 31–59.
8. Autlov S.A.; Bazarnova N.G.; Kushnir E.Yu. Microcrystalline cellulose: structure, properties and applications // *Chemistry of vegetable raw materials*. 2013. No. 3. P. 33–41.
9. Leppänen K.; Anderson S.; Torkkeli M.; Кнаарила М.; Kotelnikova N.; Serimaa R. Structure of cellulose and microcrystalline cellulose from various wood species, cotton and flax studied by X-ray scattering // *Cellulose*. 2009. No. 16. P. 999–1015.
10. Модификация полиэтилена микроцеллюлозой для повышения его иммобилизационной способности / Л.Н. Студеникина, В.И. Корчагин, М.В. Шелкунова и др. // *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2018. № 3. С. 23–29.
11. Современные подходы к химической модификации целлюлозы и ее производных / С.А. Кувшинова, А.Е. Голубев, В.А. Бурмистров, О.И. Койфман // *Российский химический журнал*. 2016. Т. LX, № 1. С. 69–84.
12. Игорянова Н.А., Мелешкина Е.П. Возможности использования вторичных продуктов переработки зерна для получения ингредиентов с пищевыми волокнами // *Хлебопродукты*. 2017. № 10. С. 41–44.
13. Microcrystalline cellulose: isolation, characterization and bio-composites application – A review / D. Trache, M.H. Hussin, C.T.H. Chuin et al. // *Int J Biol Macromol*. 2016. No. 93. P. 789–804.
14. Dietary Fibers Market by Raw Material (Fruits & Vegetables, Cereals & Grains, Legumes, and Nuts & Seeds), Product (Soluble Dietary Fiber and Insoluble Dietary Fiber), and Application (Foods & Beverages, Pharmaceuticals, Animal Feed, and Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2021–2030. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/dietary-fibers-market>. Режим доступа 28.01.23.
15. Шароглазова Л.П., Величко Н.А. Исследование свойств различных видов клетчатки, применяемой в производстве рубленых полуфабрикатов // *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 6. С. 131–136.
16. Гулик Н.С., Алексеев А.Л. Эффективность использования пищевых растительных волокон в колбасном производстве // *Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей МНП конференции, Новосибирск, 21.04.2018*. Новосибирск: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2018. С. 15–17.
17. Barber T.M., Kabisch S., Pfeiffer A.F.H., Weickert M.O. The Health Benefits of Dietary Fibre // *Nutrients*. 2020. 12(10):3209. DOI: 10.3390/nu12103209
18. Салманов М.М., Улчибекова А.Н., Магомедова З.А. Органолептическая оценка качества печенья с биологически активными добавками из растительного сырья // *Проблемы развития АПК региона*. 2019. № 4(40). С. 228–231.

References

1. *Global Dietary Fibers Market Size, Share, Growth Analysis, By Material(Fruits & Vegetables, Cereals & Grains), By Type(Soluble (Inulin, Pectin), By Application (Food and Beverages, Pharmaceuticals) – Industry Forecast 2022–2028*. URL: <https://skyquestt.com/report/dietary-fibers-market>. Accessed 28.01.23.
2. Borisyuk S.V., Notova S.V., Kvan O.V. The influence of different levels of dietary fiber consumption in the diet on the elemental composition of the bone tissue of pregnant female rats. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2016, no. 5. (193), pp. 41–45. (In Russ.)
3. Donskaya G.A., Ishmamet'eva M.V. Dietary fibers growth stimulators of beneficial microflora of the human body. *Pishchevye ingredienty. Syr'e i dobavki* [Food ingredients. Raw materials and additives], 2004, no. 1, pp. 21. (In Russ.)

4. Shishkina D.I., Shishkina E.I. The use of dietary fiber in functional products in oncological diseases. *Alleya nauki* [Alley of Science], 2018, vol. 3, no. 5(21), pp. 30–34. (In Russ.)
5. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Shubina O.G. Physiological and technological aspects of the use of dietary fibers. *Pishchevye ingredienty: syr'e i dobavki* [Food ingredients: raw materials and additives], 2004, no. 1, pp. 14–17. (In Russ.)
6. Sidorenko T.A. The use of dietary fiber in the production of butter cookies. *Pishhevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'. Referativnyy zhurnal* [Food and processing industry. Abstract journal], 2007, no. 2, p. 434. (In Russ.)
7. Aleshina L.A., Melekh N.V., Fofanov A.D. Studies of the structure of celluloses and lignins of various origin. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2005, no. 3, pp. 31–59. (In Russ.)
8. Autlov S.A.; Bazarnova N.G.; Kushnir E.Yu. Microcrystalline cellulose: structure, properties and applications. *Chemistry of vegetable raw materials*, 2013, no. 3, pp. 33–41.
9. Leppänen K.; Anderson S.; Torkkeli M.; Knaapila M.; Kotelnikova N.; Serimaa R. Structure of cellulose and microcrystalline cellulose from various wood species, cotton and flax studied by X-ray scattering. *Cellulose*, 2009, no. 16, pp. 999–1015.
10. Studenikina L.N., Korchagin V.I., Shelkunova M.V. et al. Modification of polyethylene with microcellulose to increase its immobilization ability. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of VSU, series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2018, no. 3, pp. 23–29. (In Russ.)
11. Kuvshinova S.A., Golubev A.E., Burmistrov V.A., Koifman O.I. Modern approaches to the chemical modification of cellulose and its derivatives. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Russian Chemical Journal], 2016, vol. LX, no. 1, pp. 69–84. (In Russ.)
12. Igoryanova N.A., Meleshkina E.P. Possibilities of using secondary grain processing products to obtain ingredients with dietary fibers. *Khleboprodukty* [Bread products], 2017, no. 10, pp. 41–44. (In Russ.)
13. Trache D.; Hussin M.H.; Chuin C.T.H.; Sabar, S.; Fazita, M.N.; Taiwo, O.F.; Hassan, T.M.; Haafiz, M.M. Microcrystalline cellulose: isolation, characterization and bio-composites application – A review. *Int J Biol Macromol.*, 2016, no. 93, pp. 789–804.
14. Dietary Fibers Market by Raw Material (Fruits & Vegetables, Cereals & Grains, Legumes, and Nuts & Seeds), Product (Soluble Dietary Fiber and Insoluble Dietary Fiber), and Application (Foods & Beverages, Pharmaceuticals, Animal Feed, and Others): *Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2021–2030*. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/dietary-fibers-market>. Accessed 28.01.23.
15. Sharoglavova L.P., Velichko N.A. Investigation of the properties of various types of fiber used in the production of chopped semi-finished products. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasGAU], 2019, no. 6, pp. 131–136. (In Russ.)
16. Gulik N.S., Alekseev A.L. Efficiency of the use of food vegetable fibers in sausage production. *Vzaimodeystvie nauki i obshchestva: problemy i perspektivy: sbornik statey MNP konferentsii* [Interaction of science and society: problems and prospects: Collection of articles of the MNE Conference, Novosibirsk, 21.04.2018]. Novosibirsk, 2018, pp. 15–17. (In Russ.)
17. Barber T.M., Kabisch S., Pfeiffer A.F.H., Weickert M.O. The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutrients*, 2020. 12(10):3209. DOI: 10.3390/nu12103209
18. Salmanov M.M., Ulchibekova A.N., Magomedova Z.A. Organoleptic evaluation of the quality of cookies with biologically active additives from vegetable raw materials. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of agro-industrial complex development in the region], 2019, no. 4(40), pp. 228–231. (In Russ.)

Информация об авторе

Меренкова Светлана Павловна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, merenkovasp@susu.ru

Information about the author

Svetlana P. Merenkova, candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, merenkovasp@susu.ru

Статья поступила в редакцию 10.12.2022

The article was submitted 10.12.2022