

Технологические аспекты применения продуктов переработки семян конопли в рецептуре обогащенных кексов

С. П. Меренкова^{1✉}, О. В. Зинина¹, О. П. Неверова²

¹ Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: merenkovasp@susu.ru

Аннотация. В связи с высоким спросом на кондитерские изделия актуальной является разработка данной продукции, обогащенной функциональными пищевыми ингредиентами, в том числе пищевыми волокнами. **Новизна** работы заключается в использовании в производстве кондитерских изделий нетрадиционных видов растительного сырья – конопляной муки и клетчатки – и разработке оптимальных условий применения данных ингредиентов в производстве продукции. **Цель исследования** – разработка экспериментально обоснованной технологии кексов, обогащенных нутриентами и пищевыми волокнами, содержащимися в цельносмолотой конопляной муке и клетчатке. **Методы исследований.** В опытных образцах кексов определяли органолептические и физико-химические показатели по общепринятым методикам; реологические показатели – на структурометре; антиоксидантную активность – методом DPPH; анализ пищевой ценности – расчетным методом. **Результаты.** Установлено, что оптимальными физико-химическими показателями характеризовались образцы изделий с добавлением 20 % конопляной муки и 7 % пищевой клетчатки. В данных образцах установлена наименьшая влажность и щелочность. Для всех образцов, содержащих конопляную муку, установлено возрастание массовой доли влаги (до 17 %) и плотности изделий (до 0,66). Наиболее высокая устойчивость формы установлена для образцов кекса № 1 и № 2 – 0,652 и 0,601 соответственно, что на 2,9 % и на 1,6 % соответственно выше по сравнению с контрольными образцами. Внешение конопляной муки и клетчатки в рецептуру кекса позволило увеличить антирадикальную активность готовых изделий на 28,8–49,1 %, причем при совместном использовании 20 % конопляной муки и 7 % клетчатки наблюдалась наиболее высокая активность DPPH. Таким образом, использование конопляной муки и клетчатки в рецептуре кексов позволяет улучшать антиоксидантные свойства кондитерских изделий, а также повышать содержание белка, микронутриентов и пищевых волокон.

Ключевые слова: кондитерское изделие, конопляная мука, пищевые волокна, функциональный пищевой ингредиент, антиоксидантная активность.

Для цитирования: Меренкова С. П., Зинина О. В., Неверова О. П. Технологические аспекты применения продуктов переработки семян конопли в рецептуре обогащенных кексов // Аграрный вестник Урала. 2022. Спецвыпуск «Биология и биотехнологии». С. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-229-14-21-32.

Дата поступления статьи: 24.11.2022, **дата рецензирования:** 05.12.2022, **дата принятия:** 12.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Одним из направлений Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года является ликвидация микронутриентной недостаточности у всех слоев населения и организация рационального питания. В связи с этим приоритетной задачей развития пищевой промышленности является совершенствование технологий производства продуктов здорового питания, в том числе обогащенных функциональными компонентами, с заданными параметрами качества [1].

Кондитерские изделия представляют собой группу высококалорийных легкоусвояемых пищевых продуктов с большим содержанием сахара, отличающихся приятным вкусом и ароматом. Высокая пищевая ценность мучных кондитерских изделий, содержащих значительное количество углеводов и жиров, обуславливается, прежде всего, пищевой ценностью используемого сырья. Преобразования на рынке кондитерских товаров в значительной степени изменили традиционные подходы к этой группе продуктов; наметилась тенденция увеличе-

ния спроса на изделия обогащенные и с функциональными свойствами. Применение натурального растительного сырья – перспективное направление создания сбалансированных по нутриентам наименований продуктов, а пищевые волокна являются одним из наиболее значимых функциональных ингредиентов [2].

Высокой пищевой ценностью обладают семена конопли: они богаты протеиногенными аминокислотами, омега-3 и омега-6 жирными кислотами, витаминами А, D, Е и группы В, микроэлементами, пищевыми волокнами [3]. В настоящее время промышленные сорта конопли, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, культивируются и выращиваются для коммерческих целей в различных регионах, а в условиях Южного Урала данная культура характеризуется высокой урожайностью и устойчивостью к климатическим факторам. Хотя химический состав семян конопли в значительной степени варьируется у разных сортов, в среднем конопляное семя содержит 25–30 % масла, 20–30 % белка, 30–40 % клетчатки, а также значительные количества эссенциальных компонентов, антиоксидантных соединений, включая токоферолы, стерины и полифенолы, которые обладают перечнем положительных физиологических эффектов [4].

Продукты переработки семян конопли характеризуются высокой концентрацией минеральных компонентов, таких как фосфор, калий, натрий, магний, сера, кальций, железо и цинк, а также богаты витамином Е, содержание которого достигает 90 мг/100 г [5]. Получаемая из жмыха конопли высокобелковая мука содержит около 30 % белка, характеризующегося сбалансированным составом аминокислот, до 20 % нерастворимой и водорастворимой клетчатки, отличается богатым витаминным составом, нулевым гликемическим индексом [6; 7]. В научных публикациях отмечено сбалансированное содержание незаменимых полиненасыщенных жирных кислот в семенах конопли – линолевой и альфа-линоленовой кислоты от 2:1 до 3:1. Исследования жирнокислотного состава конопляного масла показали содержание линоленовой кислоты до 17,8 % [8]. Кроме того, биологически активные фитоконпоненты – β -ситостерин, терпены и метилсалицилат – обуславливают противоэпилептические, антимикробные, противовоспалительные и цитопротекторные свойства [9]. Однако следует учитывать, что у семян разных сортов конопли может широко варьировать как химический состав в целом, так и содержание отдельных физиологически ценных компонентов [8].

При переработке конопли образуется широкий ассортимент пищевых ингредиентов, у каждого из которых уникальный химический состав и свойства, предопределяющие технологические направ-

ления использования. Так, из семян конопли возможно получение не только традиционной муки и масла, но и белковых добавок в виде изолятов, а также клетчатки, являющейся источником функциональных пищевых ингредиентов – пищевых волокон [10].

Установлено, что применение конопляной муки и клетчатки в технологии продуктов питания перспективно в связи с доказанными функционально-технологическими свойствами компонента, высокой водосвязывающей, жиросвязывающей, гелеобразующей способностью [11–13]. В многочисленных исследованиях отмечена структурообразующая и пенообразующая способность пищевых волокон, возможность их применения в рецептуре изделий при замещении жировых компонентов и сахара [14].

Клетчатка улучшает работу кишечника, нормализует вес, очищает кишечник от шлаков и токсинов, снижает риск возникновения ряда заболеваний, таких как сахарный диабет, хроническая усталость, хронический гастрит, аллергии, сердечно-сосудистые заболевания, онкология, желчнокаменная болезнь и другие [6]. Конопляная клетчатка обладает высокой биологической ценностью, является источником минеральных компонентов – Mg, Si, Mn, P, Ca [15; 16]. С учетом перспективности направлений переработки растительного сырья, основанных на ресурсосбережении и глубокой переработке, получение конопляной клетчатки и ее активное вовлечение в производство хлебобулочных и кондитерских изделий оправдано.

Целью исследований является разработка экспериментально обоснованной технологии кексов, обогащенных нутриентами и пищевыми волокнами, содержащимися в цельносмолотой конопляной муке и клетчатке.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектами исследования являлись образцы кексов типа «Столичный». Контрольные образцы были изготовлены по унифицированной рецептуре. В опытных образцах меняли пшеничную муку на цельносмолотую муку из семян конопли (сорт Надежда ТМ Konoplektika) и конопляную клетчатку (ТМ Konoplektika). Были изготовлены следующие образцы кексов:

- контрольный образец – кексы, изготовленные согласно унифицированной рецептуре;
- образец № 1 – кексы, изготовленные с добавлением конопляной муки в количестве 30 % и клетчатки в количестве 7 % взамен соответствующего количества пшеничной муки и масла сливочного;
- образец № 2 – кексы, изготовленные с добавлением конопляной муки в количестве 20 % и клетчатки в количестве 7 % взамен соответствующего количества пшеничной муки и масла сливочного;

– образец № 3 – кексы, приготовленные с добавлением конопляной муки в количестве 30 % от общей массы пшеничной муки.

Качество кексов определяли по органолептическим и физико-химическим показателям (массовая доля влаги, щелочность, плотность и пористость). Дегустационную оценку экспериментальных образцов кекса осуществляли по следующим показателям: цвет и состояние поверхности; форма; вид в изломе; вкус и запах, консистенция – с применением 5-балльной шкалы.

Анализ физико-химических показателей проводили по общепринятым методикам. Содержание влаги в кексах определяли по ГОСТ 5900, щелочность – по ГОСТ 5898, плотность – по ГОСТ 15810. Формоустойчивость образцов кекса определяли в свежеспеченных изделиях после охлаждения в течение 4 часов.

Исследования реологических (структурно-механических) показателей контрольного и опытных образцов проводили на структуромере «СТ-2» путем сжатия его индентором «Цилиндр Ø36», определяя общую, пластическую и упругую деформацию. Определение значений показателей деформации осуществляли путем математической обработки экспоненциальной кривой релаксации механических напряжений, возникающих на цилиндрическом инденторе при его внедрении в продукт при следующем режиме нагружения: усилие касания $F_k = 7$ г; скорость деформации $V_d = 0,5$ мм/с; внедрение индентора в пробу продукта проводили до усилия $F_{max} = 500$ г.

Определение общей антиоксидантной активности проводилось с помощью метода DPPH (%) по модификации. DPPH – свободный радикал дифенилпикрилгидразил, который восстанавливается в реакции с антиоксидантами. Образцы предварительно экстрагировали в метанольном растворе. Использовался метанольный раствор DPPH 60 мкМ, 1 мл которого смешивали с 1 мл исследуемого раствора, инкубировали в темноте в течение 30 мин. Светопоглощение измеряли спектрофотометрически при 515 нм.

Для анализа пищевой ценности экспериментальных образцов кексов в соответствии с составленными рецептурами, определили количество входящих в их состав сырьевых компонентов. Затем рассчитали содержание пищевых веществ в каждом компоненте. Далее произвели расчет общего содержания каждого пищевого вещества в смеси сырьевых компонентов с учетом возможных потерь при производстве путем умножения массы каждого нутриента на коэффициент, равный 0,7. В соответствии с нормами потребления пищевых веществ, указанных в МР 2.3.1.0253-21, определили степень удовлетворения суточной потребности человека в

имеющихся нутриентах при потреблении порции 60 г готовых изделий.

Результаты (Results)

При создании обогащенных мучных кондитерских изделий необходимо целенаправленное изменение их рецептурного состава с учетом требований норм рационального питания к содержанию макро- и микронутриентов при соответствии органолептических показателей, свойств и структуры потребителю ожиданиям. С учетом содержания эссенциальных нутриентов в цельносмолотой муке из семян конопли и конопляной клетчатки, принимая во внимание среднесуточные потребности взрослого человека в белке, пищевых волокнах, витаминах микроэлементах, разработаны рецептуры обогащенных кексов, содержащие от 20 до 30 % конопляной муки и 7 % конопляной клетчатки. В качестве основной была выбрана унифицированная рецептура кекса «Столичный». Обогащающими компонентами заменяли часть муки пшеничной и масло сливочное в рецептурах согласно технологическому расчету с учетом водопоглощающих свойств муки.

При выполнении экспериментальных исследований разработана технологическая схема производства кексов обогащенных, содержащих муку и клетчатку конопляную. Основные этапы производственного процесса:

- приготовление гомогенной рецептурной смеси, которая состоит из сыпучих компонентов (муки пшеничной, соли, сахара, разрыхлителя) в рассчитанных соотношениях;
- взбивание сливочного масла в миксере при 400 об/мин в течение 7–10 минут до получения пышной однородной структуры;
- получение эмульсии на основе конопляной муки и клетчатки, молока и меланжа в гомогенизаторе при скорости 1800 об/с в течение 3–5 минут. Благодаря жировой фракции цельносмолотой муки, а также компонентам молока и яицпродуктов, обладающих эмульгирующими свойствами, при гомогенизации получается однородная устойчивая тонко диспергированная система;
- замес теста в течение 10 минут при 150 об/мин до получения сильновязкой однородной массы влажностью 23–25 %;
- формование тестовых заготовок массой около 70 г в формы;
- выпекание изделий при температуре 180 °С 15–20 минут.

Органолептические показатели образцов кексов определяли визуально при рассеянном дневном освещении в следующей последовательности: вкус, запах, форма, цвет, вид в изломе. Дегустационной комиссией была проведена дегустационная оценка образцов по 5-балльной шкале (рис. 1, 2).

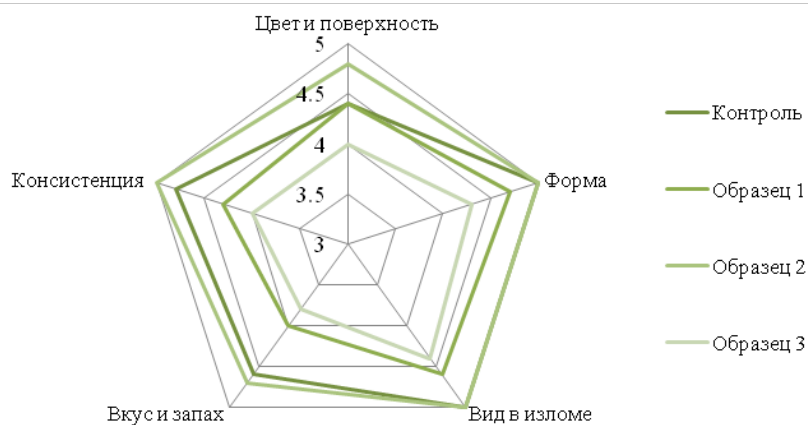


Рис. 1. Результаты дегустационной оценки образцов кекса

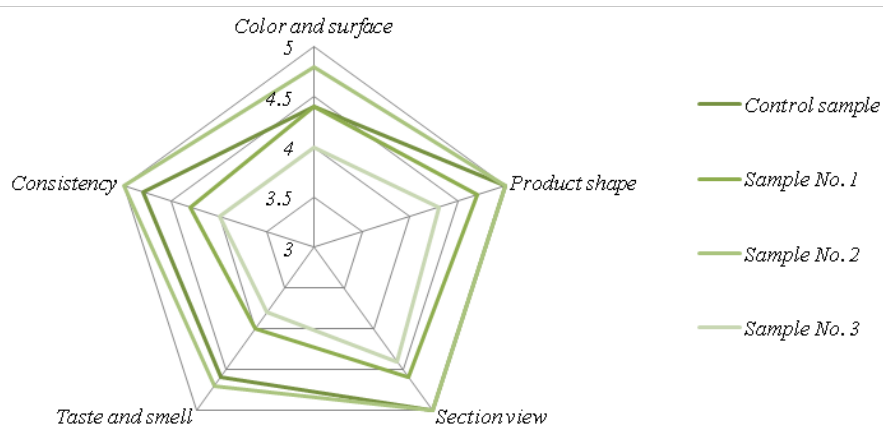


Fig. 1. Results of the degustation of cupcake samples



Контроль
Control sample



Образец 1
Sample No. 1



Образец 2
Sample No. 2



Образец 3
Sample No. 3

Рис. 2. Внешний вид образцов кекса
Fig. 2. Appearance of cupcake samples

Таблица 1

Результаты исследований физико-химических показателей образцов кекса

Показатели	Требования ГОСТ 15052	Результаты для образцов			
		Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Влажность, %	12,0–24,0	12,01 ± 0,30	17,09 ± 0,55	16,56 ± 0,45	16,86 ± 0,40
Щелочность, град.	Не более 2,0	0,94 ± 0,06	0,94 ± 0,08	0,92 ± 0,06	0,82 ± 0,05
Плотность	Не более 0,65	0,54 ± 0,03	0,66 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,65 ± 0,03
Формоустойчивость	Не нормируется	0,584 ± 0,02	0,601 ± 0,03	0,652 ± 0,05	0,511 ± 0,02

Table 1

Results of studies of physical and chemical parameters of cupcake samples

Indicators	Requirements of GOST 15052	Results for samples			
		Control sample	Sample No. 1	Sample No. 2	Sample No. 3
Humidity, %	12.0–24.0	12.01 ± 0.30	17.09 ± 0.55	16.56 ± 0.45	16.86 ± 0.40
Alkalinity, degrees	Not more than 2.0	0.94 ± 0.06	0.94 ± 0.08	0.92 ± 0.06	0.82 ± 0.05
Density	Not more than 0.65	0.54 ± 0.03	0.66 ± 0.02	0.60 ± 0.02	0.65 ± 0.03
Form stability	No requirements	0.584 ± 0.02	0.601 ± 0.03	0.652 ± 0.05	0.511 ± 0.02

Таблица 2

Результаты исследований деформационных характеристик образцов кекса

Наименование образца	Значение показателя			
	Общая деформация, $H_{обш}$, мм	Пластическая деформация, $H_{пл}$, мм	Упругая деформация, $H_{упр}$, мм	Модуль упругости Δh
Контрольный образец	5,86 ± 0,02	2,18 ± 0,01	3,68 ± 0,01	0,372
Образец 1	7,55 ± 0,14	3,32 ± 0,07	4,22 ± 0,01	0,440
Образец 2	7,28 ± 0,20	3,04 ± 0,12	4,24 ± 0,04	0,417
Образец 3	6,01 ± 0,04	2,57 ± 0,02	3,44 ± 0,07	0,427

Table 2

Results of studies of deformation characteristics of cupcake samples

Samples	The value of the indicator			
	Total deformation, H_{tot} , мм	Plastic deformation, H_{pl} , мм	Elastic deformation, H_{el} , мм	Modulus of elasticity Δh
Control sample	5,86 ± 0,02	2,18 ± 0,01	3,68 ± 0,01	0,372
Sample No. 1	7,55 ± 0,14	3,32 ± 0,07	4,22 ± 0,01	0,440
Sample No. 2	7,28 ± 0,20	3,04 ± 0,12	4,24 ± 0,04	0,417
Sample No. 3	6,01 ± 0,04	2,57 ± 0,02	3,44 ± 0,07	0,427

Кексы характеризовались желто-коричневым цветом с мелкими вкраплениями; умеренно сладким сливочным вкусом и запахом с легким травянистым оттенком; правильной не расплывчатой формой; слегка выпуклой поверхностью с характерными трещинами, без пустот; на изломе изделия пропеченные, с равномерной пористостью. Наилучшими сенсорными показателями обладал экспериментальный образец № 2 с содержанием 20 % конопляной муки и 7 % клетчатки. Образец кекса № 3 отличался выраженным изменением цвета, появлением характерного конопляного запаха и привкуса, слабым подъемом. Контрольный образец и образец № 2 отмечены как изделия с отличным уровнем органолептических свойств. В исследованиях других авторов установлено аналогичное влияние компонентов переработки конопли на органолептические свойства хлебобулочных изделий: специфические вкус

и запах становятся более ощутимыми, а цвет мякши и корки более темными при увеличении количества вводимых продуктов переработки конопли [9].

Физико-химические и реологические свойства вносят существенный вклад при оценке потребительской приемлемости кондитерских изделий. Установлено, что внесение в рецептуру обогащающих компонентов не вызывает отклонений в физико-химических показателях готовых образцов. Наиболее оптимальными значениями плотности и формоустойчивости отличался образец № 2. Для всех мучных изделий, содержащих конопляную муку, установлено возрастание массовой доли влаги (до 17 %) и плотности изделий (до 0,66). Полученные результаты обусловлены снижением соотношения сливочного масла в рецептуре и введением молока пастеризованного, а также высокой водопоглотительной способностью муки и клетчатки конопляной (таблица 1).

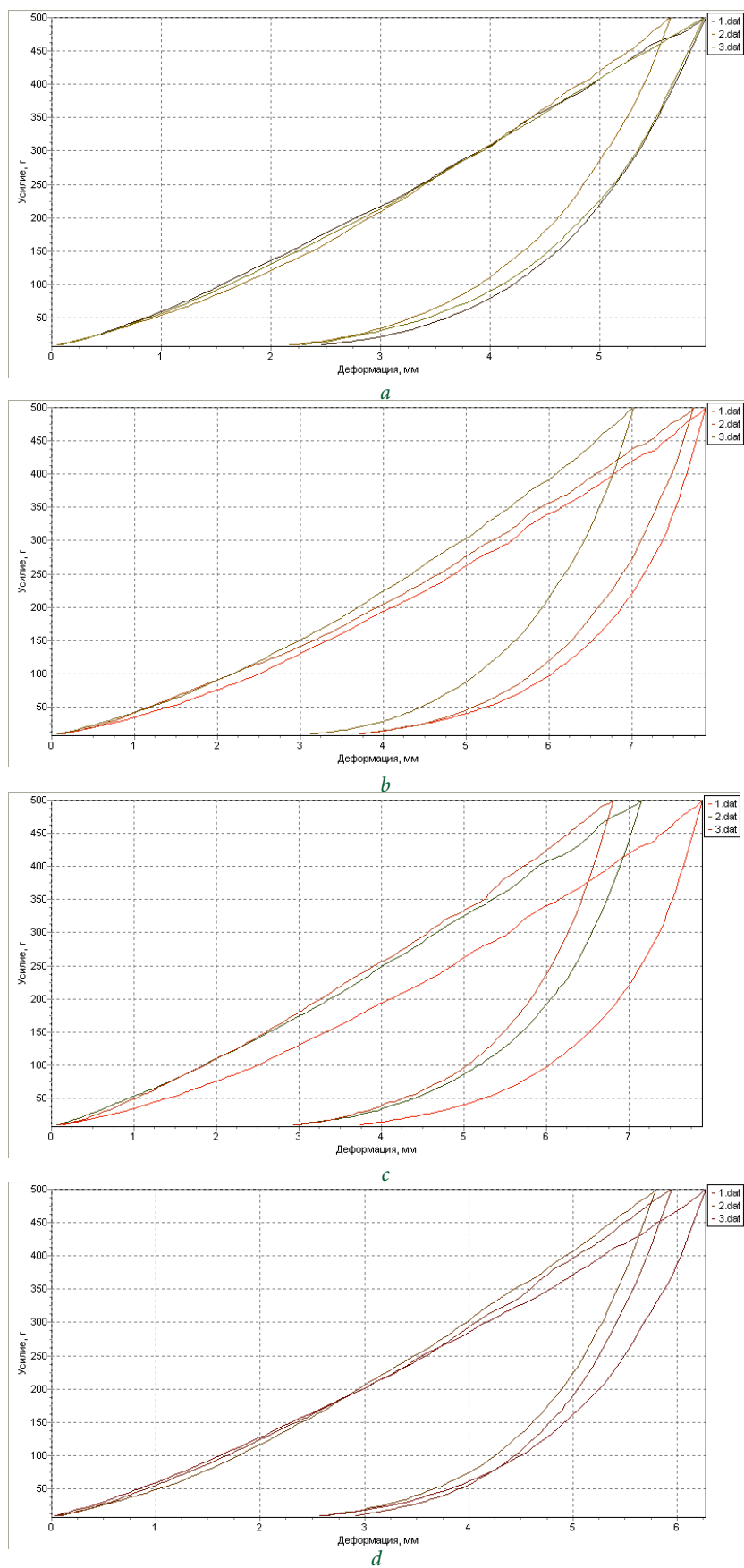


Рис. 3. Характерный вид деформационных кривых:
 а) контроль; б) образец 1; в) образец 2; г) образец 3

Fig. 3. Characteristic view of deformation curves:
 a) Control sample; b) Sample No. 1; c) Sample No. 2; d) Sample No. 3

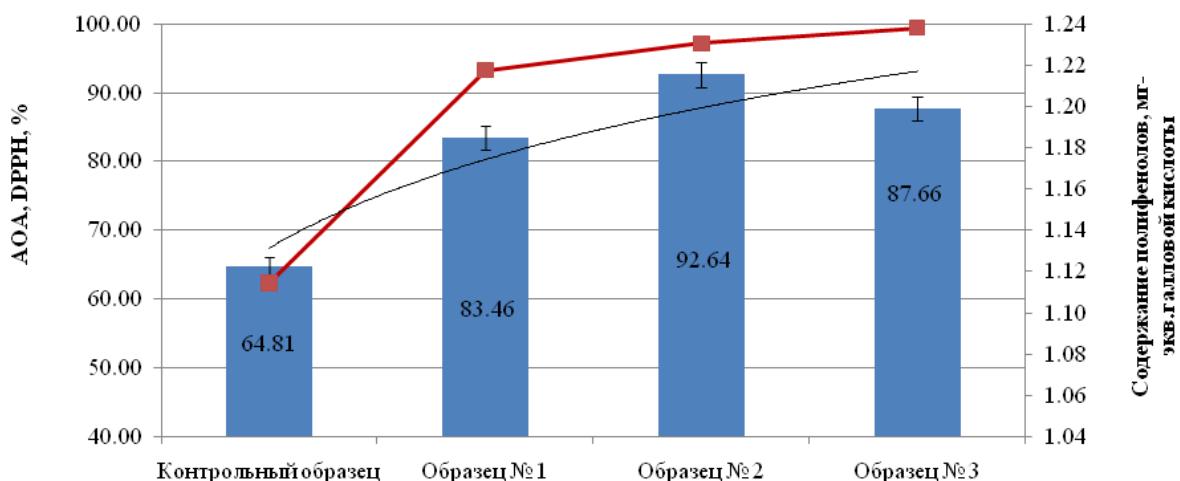


Рис. 4. Результаты анализа антиоксидантной активности образцов кексов

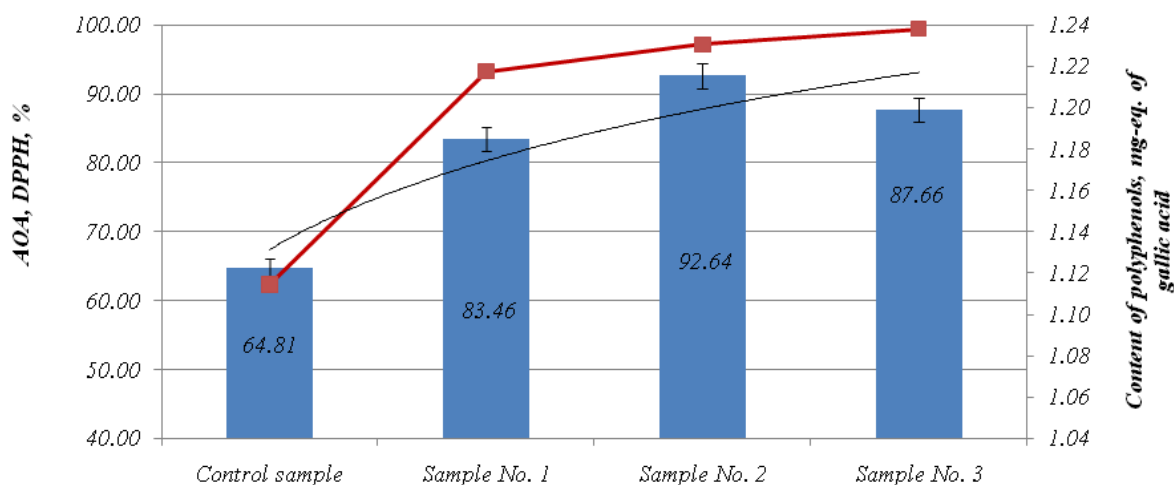


Fig. 4. Results of the analysis of the antioxidant activity of cupcake samples

На основании результатов реологических исследований установлена зависимость между значениями общей и пластической деформации и концентрацией вносимых добавок. Образцы кексов обладают упруго-пластичными свойствами. Пищевые волокна, обладая высокой гидрофильностью, прочно удерживают молекулы воды, обуславливая оптимальные структурно-механические свойства готовых кондитерских изделий. При этом внесение конопляной муки и клетчатки повышает упругость кексов, наибольший модуль упругости наблюдали в образце 1 (таблица 2, рис. 3).

Внесение конопляной муки и клетчатки в рецептуру кекса «Столичного» позволило увеличить антиоксидантную активность готовых изделий на 28,8–49,1 %, причем в образце № 2, при совместном использовании 20 % конопляной муки и 7 % клетчатки наблюдалась наиболее высокая активность DPPH. Высокая антиоксидантная активность экспериментальных образцов мучных кондитерских изделий коррелировала со значительной концентрацией полифенольных соединений, количество которых при определении спектрофотометрическим

методом составило от 1,21 до 1,23 мг-экв галловой кислоты. Это позволяет сделать вывод об эффективности использования конопляной муки и клетчатки для улучшения антиоксидантных свойств продуктов (рис. 4).

Природные антиоксиданты, такие как полифенолы, это натуральные растительные соединения, обладающие выраженными фармакологическими свойствами, – противовоспалительными, онкопротекторными, иммуномодулирующими. В многочисленных исследованиях доказаны антиоксидантные свойства компонентов, содержащихся в семенах конопли [17]. В частности, установлено, что продукты переработки семян конопли содержат значительное количество полифенольных соединений, главным образом в виде флаванонов, флаванолов, изофлавонов и фенольных кислот (протокатехиновая, гидроксибензойная и коричная) [4]. Фенольные соединения играют важную роль в стабильности, приемлемости и пищевой ценности продукта и предотвращают ухудшение качества продуктов, задерживая радикальные реакции, ответственные за окисление липидов при хранении и воздействии

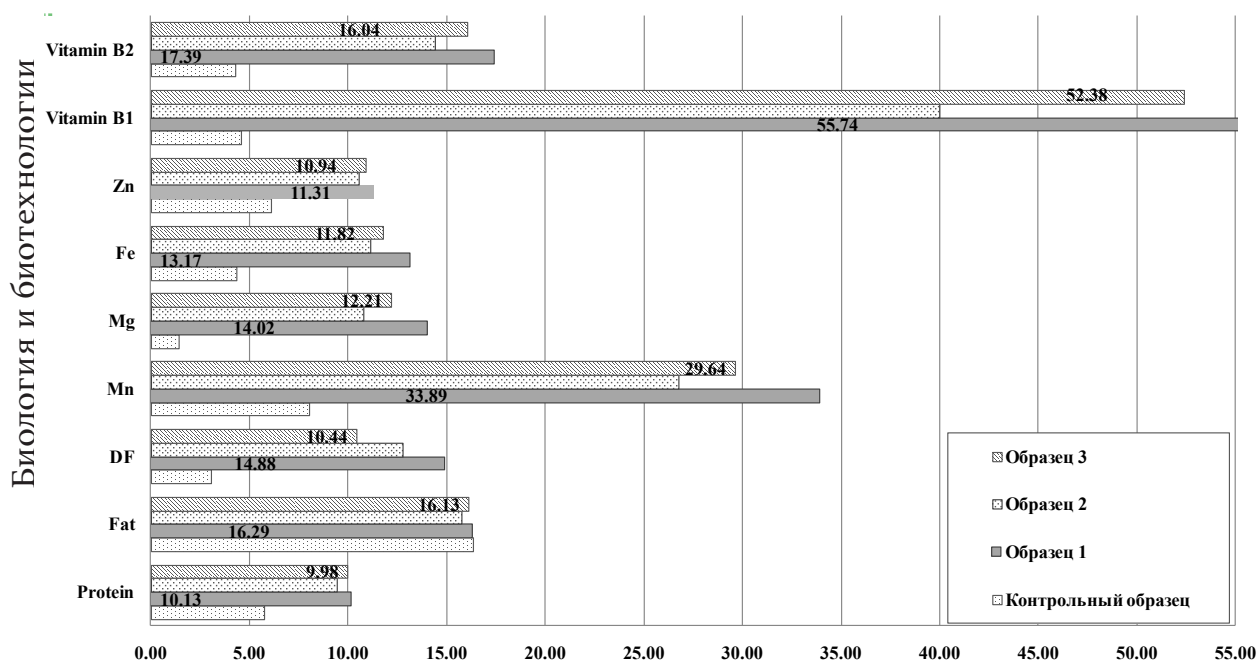


Рис. 5. Степень удовлетворения суточной потребности при употреблении порции продукта массой 60 г

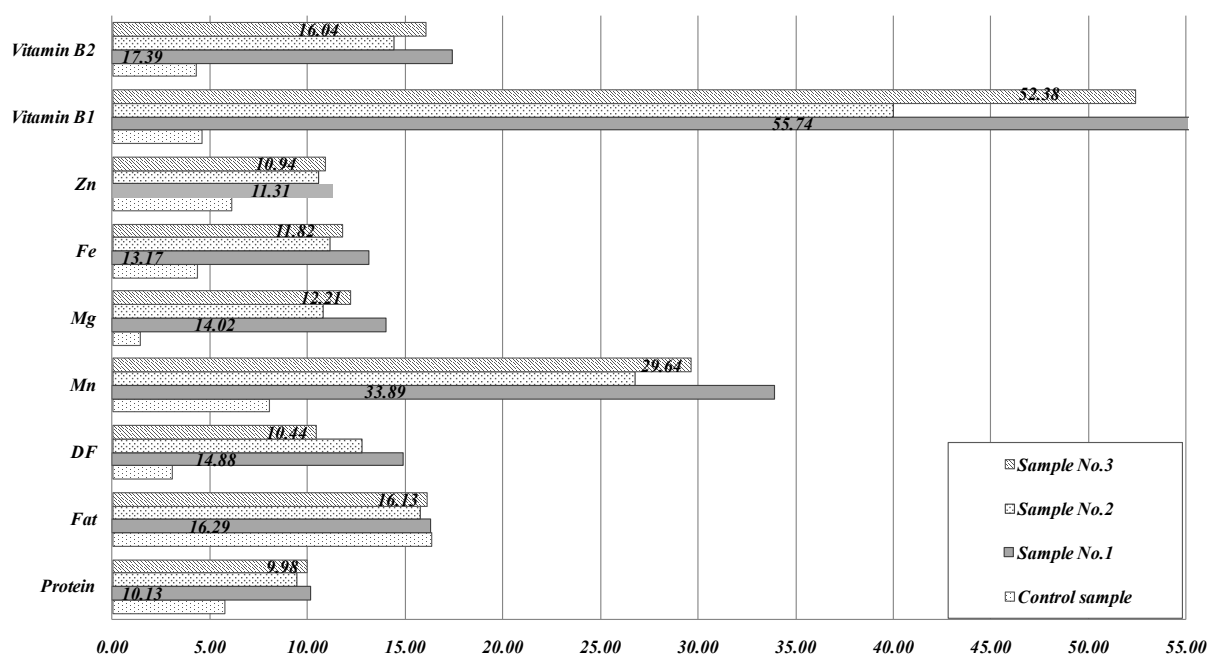


Fig. 5. The degree of satisfaction of the daily requirement when consuming a portion of the product (60 g of cupcake)

внешних факторов [18]. Доказана значительная корреляция между концентрацией полифенолов и антиоксидантной активностью [19], причем отмечено, что антиоксидантный потенциал конопляной муки и семян выше, чем конопляного масла. Также подтвержден высокий антиоксидантный потенциал конопли (по результатам определения показателей DPPH и FRAP) благодаря составу фенолов [7].

В результате анализа пищевой ценности обосновано высокое содержание белка, микронутриентов и пищевых волокон в экспериментальных образцах кексов. Внесение конопляной клетчатки и коно-

пляной муки существенно увеличило содержание белка – на 47,0–52,4 %, пищевых волокон – в 3,2–4,6 раза; тиамин – в 14,5–15 раз, рибофлавин – в 3,7 раза. Использование продуктов переработки семян конопли в рецептуре кекса «Столичный» позволяет удовлетворить суточную потребность в пищевых волокнах – на 16,0–18,6 %; в витамине В₁ и В₂ – на 46,0–72,2 % и на 16,6–20,3 %; в железе и магнии – на 21,08 и на 17,8 % соответственно при употреблении порции продукта 60 г. Экспериментальные образцы кекса характеризуются пониженной калорийностью (на 13,7 %) по сравнению

с контрольным образцом. Данная закономерность обусловлена сокращением в рецептуре содержания масла сливочного и сахара при внесении муки конопляной и клетчатки (рис. 5).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе выполнения работы предложен алгоритм технологических этапов производства обогащенных кексов на основе продуктов переработки семян конопли с обоснованными параметрами процессов. Применение дополнительного этапа – эмульгирование конопляной муки и клетчатки с водной фазой – позволяет сформировать устойчивую структуру полуфабриката и приемлемые реологические свойства готовых кондитерских изделий.

Отмечено, что оптимальными значениями физико-химических показателей характеризовались образцы изделий с добавлением 20 % конопляной муки и 7 % пищевой клетчатки. В данных образцах установлена наименьшая влажность, плотность и щелочность. Для всех мучных изделий, содержа-

щих конопляную муку, установлено возрастание массовой доли влаги (до 17 %) и плотности изделий (до 0,66). Полученные результаты могут быть объяснены снижением соотношения сливочного масла в рецептуре и введением молока пастеризованного, а также высокой водопоглощательной способностью муки конопляной и клетчатки конопляной. Наиболее высокая устойчивость формы установлена для образцов кекса № 1 и № 2 – 0,652 и 0,601 соответственно, что на 2,9 % и на 1,6 % выше по сравнению с контрольными образцами.

Использование конопляной муки и клетчатки в рецептуре кексов позволяет улучшать антиоксидантные свойства кондитерских изделий, а также повышать содержание белка, микронутриентов и пищевых волокон. Однако необходимо учитывать количество вносимых компонентов переработки конопли, так как они существенно влияют на органолептические показатели готовой продукции.

Библиографический список

1. Стратегия формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 января 2020 года N 8 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564215449> (дата обращения: 25.05.2022).
2. Дерканосова Н. М., Курчаева Е. Е., Королькова Н. В., Глотова И. А. Разработка и использование композитных смесей в производстве мучных кондитерских изделий // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы IX международного конгресса. Т. 2. Москва, 2017. С. 268–270.
3. Callaway J. C. Hempseed as a nutritional resource: An overview // *Euphytica*. 2004. No. 140 (582). Pp. 65–72. DOI: 10.1007/s10681-004-4811-6.
4. Calzolari D., Rocchetti G., Lucini L., Amaducci S. The variety, terroir, and harvest types affect the yield and the phenolic and sterolic profiles of hemp seed oil // *Food Research International*. 2021. No. 142. Article number 110212. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110212.
5. Rusu I. E., Marc R. A., Mureşan C. C. Hemp (*Cannabis sativa* L.) flour-based wheat bread as fortified bakery product // *Plants*. 2021. Vol. 10. No. 8. DOI: 10.3390/plants10081558.
6. Ertaş N., Aslan M. Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour // *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2020. No. 19 (2). Pp. 177–184. DOI: 10.17306/J.AFS.2020.0795.
7. Calzolari D., Rocchetti G., Lucini L., Amaducci S. The variety, terroir, and harvest types affect the yield and the phenolic and sterolic profiles of hemp seed oil // *Food Research International*. 2021. Vol. 142. Article number 110212. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110212.
8. Байбеков Р. Ф., Белопухов С. Л., Дмитриевская И. И., Дмитриев Л. Б. Сравнительная характеристика состава жирных кислот в липидах масел из семян технических культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 6. С. 62–65. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10615.
9. Васильев А. С. Разработка рецептуры и оценка качества пшеничного хлеба с добавлением льняной и конопляной муки // *Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции*. Красноярск, 2021. С. 263–266.
10. Аль-Сухайми С. А., Тошев А. Д., Андросова Н. В. Исследование качественных показателей хлебобулочных изделий функциональной направленности с добавлением продуктов переработки растительного сырья // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 8. С. 180–186. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-180-186.
11. Захарова Л. М., Абушахманова Л. В. Функционально-технологические свойства клетчатки // *Вестник ВСГУТУ*. 2018. № 3 (70). С. 60–66.
12. Малетина В.С., Тимошенкова И.А. Исследование технологических свойств конопляной муки // *Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием*. Санкт-Петербург, 2017. С. 60–62.

13. Мысаков Д. С. Исследование показателей качества мучного кондитерского изделия из смеси конопляной муки и муки из грецкого ореха // Исследования и разработки молодых ученых в решении актуальных проблем XXI века: сборник научных статей. Екатеринбург, 2017. С. 77–83.
14. Лилишенцева А. Н., Мельникова Л. А., Томашевич С. Е., Селиванова М. С., Мельник Ю. А. Использование QFD-методологии при разработке обогащенного зефира // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2019. Т. 12. № 1 (43). С. 28–41.
15. Тырсова А. В., Надысева А. Г. Использование клетчатки конопляной для обогащения блюд и повышения их пищевой и биологической ценности // Конкурентоспособность территорий: материалы XXI Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2018. С. 101–103.
16. Мацейчик И. В., Корпачева С. М., Мунтян В. В. Разработка технологий и рецептур мучных кондитерских изделий, обогащенных пищевыми волокнами // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2018. № 1 (50). С. 103–108.
17. Frassinetti S., Moccia E., Caltavuturo L. Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts // Food Chemistry. 2018. Vol. 262. Pp. 56–66.
18. Babiker E. E., Uslu N., Al Juhaimi F., Mohamed Ahmed I. M., Ghafoor K., Özcan M., Almusallam I. A. Effect of roasting on antioxidative properties, polyphenol profile and fatty acids composition of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds // LWT. 2021. Vol. 139. Article number 110537. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110537.
19. Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: nutritional value, health benefits, and industrial applications // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2020. Vol. 19. No. 1. Pp. 282–308. DOI: 10.1111/1541-4337.12517.

Об авторах:

Светлана Павловна Меренкова¹, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», ORCID 0000-0002-8795-1065, AuthorID 668876; +7 951 813-70-62, merenkovasp@susu.ru

Оксана Владимировна Зинина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», ORCID 0000-0003-3729-1692, AuthorID 654624; +7 906 871-36-81, zininaov@susu.ru

Ольга Петровна Неверова², кандидат биологических наук, заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632; +7 912 634-94-62, opneverova@mail.ru

¹ Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Technological aspects of the use of hemp seed processing products in the formulation of enriched cupcakes

S. P. Merenkova¹✉, O. V. Zinina¹, O. P. Neverova²

¹ South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: merenkovasp@susu.ru

Abstract. Due to the high demand for confectionery products, the development of these products enriched with functional food ingredients, including dietary fibers, is relevant. **The novelty** of the work lies in the use of non-traditional types of plant raw materials in the production of confectionery products – hemp flour and fiber, and the development of optimal conditions for the use of the ingredients in the production of products. **The purpose** of the research was to develop an experimentally based technology of cupcakes enriched with nutrients and dietary fibers contained in whole-ground hemp flour and fiber, as well as a comprehensive analysis of the properties of the developed confectionery products. **Methods.** In the experimental samples of cupcakes organoleptic, and physical and chemical indicators were determined, according to generally accepted methods; rheological indicators were determined on a structurometer; antioxidant activity by DPPH method; nutritional value – by calculation method. **Results.** It was found that samples with the addition of 20 % hemp flour and 7 % dietary fiber were characterized by optimal physical and chemical parameters. The lowest humidity, and alkalinity were found in the experimental samples. For all samples containing hemp flour, an increase in the mass fraction of moisture (up to 17 %) and the density of products (up to 0.66) was found. The highest form stability was established for samples No. 1 and No. 2 – 0.652 and 0.601 respectively, which is 2.9–11.6 % higher compared to control samples. The introduction

of hemp flour and fiber into the cupcakes formulation allowed to increase the antioxidant activity of the final product by 28.8–49.1 %. When the combination of the 20 % hemp flour and the 7 % fiber was used, the highest DPPH activity was observed. Thus, the use of hemp flour and fiber in the formulation of enriched cupcakes makes it possible to improve the antioxidant properties of confectionery products, as well as increase the content of protein, micronutrients and dietary fiber.

Keywords: confectionery product, hemp flour, dietary fiber, functional food ingredient, antioxidant activity.

For citation: Merenkova S. P., Zinina O. V., Neverova O. P. Tekhnologicheskie aspekty primeneniya produktov pererabotki semyan konopli v retsepture obogashchennykh keksov [Technological aspects of the use of hemp seed processing products in the formulation of enriched cupcakes] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-229-14-21-32. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.11.2022, **date of review:** 05.12.2022, **date of acceptance:** 12.12.2022.

References

1. Strategiya formirovaniya zdorovogo obraza zhizni naseleniya, profilaktiki i kontrolya neinfektsionnykh zabolevaniy na period do 2025 goda: Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii ot 15 yanvarya 2020 goda N 8 [Strategy for the formation of a healthy lifestyle of the population, prevention and control of non-communicable diseases for the period up to 2025: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 8 dated January 15, 2020] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564215449> (date of reference: 25.05.2022). (In Russian.)
2. Derkanosova N. M., Kurchaeva E. E., Korol'kova N. V., Glotova I. A. Razrabotka i ispol'zovanie kompozitnykh smesey v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdeliy [Development and use of composite mixtures in the production of flour confectionery] // Biotekhnologiya: sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy IX mezhdunarodnogo kongressa. Vol. 2. Moscow, 2017. Pp. 268–270. (In Russian.)
3. Callaway J. C. Hempseed as a nutritional resource: An overview // Euphytica. 2004. No. 140 (582). Pp. 65–72. DOI: 10.1007/s10681-004-4811-6.
4. Calzolari D., Rocchetti G., Lucini L., Amaducci S. The variety, terroir, and harvest types affect the yield and the phenolic and sterolic profiles of hemp seed oil // Food Research International. 2021. No. 142. Article number 110212. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110212.
5. Rusu I. E., Marc R. A., Mureşan C. C. Hemp (Cannabis sativa L.) flour-based wheat bread as fortified bakery product // Plants. 2021. Vol. 10. No. 8. DOI: 10.3390/plants10081558.
6. Ertaş N., Aslan M. Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour // Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria. 2020. No. 19 (2). Pp. 177–184. DOI: 10.17306/J.AFS.2020.0795
7. Calzolari D., Rocchetti G., Lucini L., Amaducci S. The variety, terroir, and harvest types affect the yield and the phenolic and sterolic profiles of hemp seed oil // Food Research International. 2021. Vol. 142. Article number 110212. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110212.
8. Baybekov R. F., Belopukhov S. L., Dmitrevskaya I. I., Dmitriev L. B. Sravnitel'naya kharakteristika sostava zhirnykh kislot v lipidakh masel iz semyan tekhnicheskikh kul'tur [Comparative Characteristics of Fatty Acids Composition in Oil Lipids from Industrial Crops Seeds] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 6. Pp. 62–65 (In Russian.)
9. Vasil'ev A. S. Razrabotka retseptury i otsenka kachestva pshenichnogo khleba s dobavleniem l'nyanoy i konoplyanoy muki [Recipe development and quality assessment of wheat bread with the addition of flaxseed and hemp flour] // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Krasnoyarsk, 2021. Pp. 263–266. (In Russian.)
10. Al'-Sukhaymi S. A., Toshev A. D., Androsova N. V. Issledovanie kachestvennykh pokazateley khlebobulochnykh izdeliy funktsional'noy napravlenosti s dobavleniem produktov pererabotki rastitel'nogo syr'ya [Studying functional bakery products qualitative indicators with the added plant raw materials processing products] // The Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 8. Pp. 180–186. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-180-186. (In Russian.)
11. Zakharova L. M., Abushakhmanova L. V. Funktsional'no-tekhnologicheskie svoystva kletchatki [Functional and technological properties of fiber] // The Bulletin of ESSTUM. 2018. No. 3 (70). Pp. 60–66. (In Russian.)
12. Maletina V. S., Timoshenkova I. A. Issledovanie tekhnologicheskikh svoystv konoplyanoy muki [Study of the technological properties of hemp flour] // Nedelya nauki SPbPU: materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Saint Petersburg, 2017. Pp. 60–62. (In Russian.)

13. Mysakov D. S. Issledovanie pokazateley kachestva muchnogo konditerskogo izdeliya iz smesi konoplyanoy muki i muki iz gretskogo orekha [The study of quality indicators of flour confectionery from a mixture of hemp flour and walnut flour] // Issledovaniya i razrabotki molodykh uchenykh v reshenii actual'nykh problem XXI veka: sbornik nauchnykh statey. Ekaterinburg, 2017. Pp. 77–83. (In Russian.)
14. Lilishentseva A. N., Mel'nikova L. A., Tomashevich S. E., Selivanova M. S., Mel'nik Yu. A. Ispol'zovanie QFD-metodologii pri razrabotke obogashchennogo zefira [Using the QFD Methodology in the Development of Enriched Marshmallows] // Food Industry: Science and Technology. 2019. Vol. 12. No. 1 (43). Pp. 28–41. (In Russian.)
15. Tyrsova A. V., Nadyseva A. G. Ispol'zovanie kletchatki konoplyanoy dlya obogashcheniya blyud i povysheniya ikh pishchevoy i biologicheskoy tsennosti [The use of hemp fiber to enrich dishes and increase their nutritional and biological value] // Konkurentosposobnost' territoriy: materialy XXI Vserossiyskogo ekonomicheskogo foruma molodykh uchenykh i studentov. Ekaterinburg, 2018. Pp. 101–103. (In Russian.)
16. Matseychik I. V., Korpacheva S. M., Muntyan V. V. Razrabotka tekhnologiy i retseptur muchnykh konditerskikh izdeliy, obogashchennykh pishchevymi voloknami [Development of technologies and recipes for flour confectionery products enriched with dietary fiber] // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova. 2018. No. 1 (50). Pp. 103–108. (In Russian.)
17. Frassinetti S., Moccia E., Caltavuturo L. Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts // Food Chemistry. 2018. Vol. 262. Pp. 56–66.
18. Babiker E. E., Uslu N., Al Juhaimi F., Mohamed Ahmed I. M., Ghafoor K., Özcan M., Almusallam I.A. Effect of roasting on antioxidative properties, polyphenol profile and fatty acids composition of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds // LWT. 2021. Vol. 139. Article number 110537. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110537.
19. Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: nutritional value, health benefits, and industrial applications // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2020. Vol. 19. No. 1. Pp. 282–308. DOI: 10.1111/1541-4337.12517.

Authors' information:

Svetlana P. Merenkova¹, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of food and biotechnology, ORCID 0000-0002-8795-1065, AuthorID 668876; +7 951 813-70-62, merenkovasp@susu.ru
 Oksana V. Zinina¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of food and biotechnology, ORCID 0000-0003-3729-1692, AuthorID 654624; +7 906 871-36-81, zininaov@susu.ru
 Olga P. Neverova², candidate of biological sciences, head of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632; +7 912 634-94-62, opneverova@mail.ru

¹ South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia