

Научная статья/Research article

УДК 664.664.33:664.66.022.39

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-226-243

Александр Сергеевич Васильев^{1✉}, Елена Николаевна Чумакова², Сергей Васильевич Зверев³

^{1,2,3}Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь, Россия

¹vasilevtgsha@mail.ru

²elena.chumakova.ne@mail.ru

³zverevsv@yandex.ru

СУХАРНЫЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ПОРОШКОВЫМИ ПРОДУКТАМИ

Цель исследований – изучить качественные характеристики пшеничных сухарных хлебобулочных изделий, обогащенных различными порошковыми продуктами из вторичного фитосырья. Исследования выполнялись в 2024–2025 гг. в условиях опытно-лабораторной базы Тверской ГСХА (г. Тверь, Россия). Порошковые продукты для обогащения изделий вырабатывались из жмыхов яблок, груш, вишни, брусники, свеклы столовой, тыквы, моркови столовой, топинамбура, томата, брокколи, льна, косточек винограда, а также шрота рапса. Изучались изделия с соотношением ингредиентов мучной смеси (пшеничная мука : порошковый продукт, %): контроль – 100,0 : 0,0 %; образец № 1 – 90,0 : 10,0 %; образец № 2 – 80,0 : 20,0 %. Технология производства опытных образцов изделий включала операции: замешивание теста → разделка теста → расстойка → выпекание → охлаждение → нарезка сухарных плит → сушка изделий → охлаждение → упаковка. Наиболее оптимальными показателями цвета, вкуса, запаха отличались изделия, полученные по рецептуре образца № 2 с 10,0 % заменой пшеничной муки порошковыми продуктами из вторичного сырья. Увеличение дозировки порошка до 20,0 %, как правило, избыточно усиливало вкусоароматику изделий, придавая им интенсивные привкус и послевкусие, а также аромат. Кроме этого, повышение дозировки порошковых продуктов отрицательно сказывалось на физико-химических характеристиках изделий, увеличивая по сравнению с контролем их влажность на 7,9 (брокколи) – 22,5 % (яблоко), кислотность на 6,7 (лен, виноградная косточка) – 26,7 % (томат) соответственно; способствовало появлению у изделий уплотнений и пустот. В то же время параметры всех экспериментальных изделий находились в пределах значений, установленных нормативной документацией: влажность < 12,0 %, кислотность < 4,0 %. Разработанные изделия могут быть успешно использованы предприятиями хлебопекарной промышленности для расширения ассортимента продукции, востребованной в потребительском секторе, который ориентирован на оптимизацию пищевого режима и здоровьесбережение.

Ключевые слова: сухарные хлебобулочные изделия, вторичное фитосырье, порошковые продукты, рецептура хлебобулочных изделий, технология производства хлебобулочных изделий, оценка качества хлебобулочных изделий, расширение ассортимента хлебобулочных изделий

Для цитирования: Васильев А.С., Чумакова Е.Н., Зверев С.В. Сухарные хлебобулочные изделия с растительными порошковыми продуктами // Вестник КрасГАУ. 2026. № 2. С. 226–243. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-226-243.

Финансирование: исследования выполнены при поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (НИОКТР №125022102817-9).

Alexander Sergeevich Vasiliev^{1✉}, Elena Nikolaevna Chumakova², Sergey Vasilyevich Zverev³

^{1,2,3}Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

¹vasilevtgsha@mail.ru

²elena.chumakova.ne@mail.ru

³zverevsv@yandex.ru

RUSK-BASED BAKERY PRODUCTS WITH VEGETABLE POWDERED PRODUCTS

The aim of research is to study the quality characteristics of wheat rusks and bakery products enriched with various powder products from secondary phyto-raw materials. The studies were carried out in 2024–2025 at the experimental laboratory base of the Tver State Agricultural Academy (Tver, Russia). Powder products for enriching the products were produced from the cakes of apples, pears, cherries, lingonberries, table beets, pumpkins, table carrots, Jerusalem artichokes, tomatoes, broccoli, flax, grape seeds, and rapeseed meal. The studied products had the following ratio of flour mixture ingredients (wheat flour : powder product, %): control – 100.0 : 0.0 %; sample № 1 – 90.0 : 10.0 %; sample № 2 – 80.0 : 20.0 %. The production process for the pilot product samples included the following steps: dough mixing → dough cutting → proofing → baking → cooling → cutting into rusk slabs → product drying → cooling → packaging. Products produced according to the recipe for sample № 2, with 10.0 % replacement of wheat flour with powdered products made from recycled raw materials, demonstrated the most optimal color, taste, and aroma. Increasing the powder dosage to 20.0 %, as a rule, excessively enhanced the flavor and aroma of the products, imparting an intense aftertaste, flavor, and aroma. Furthermore, increasing the powder dosage adversely affected the physicochemical characteristics of the products, increasing their moisture content by 7.9 % (broccoli) to 22.5 % (apple) and acidity by 6.7 % (flax, grape seed) to 26.7 % (tomato) compared to the control. This also contributed to the formation of compactions and voids in the products. At the same time, the parameters of all experimental products were within the limits established by regulatory documentation: moisture < 12.0 %, acidity < 4.0 %. The developed products can be successfully used by bakery enterprises to expand the range of products in demand in the consumer sector, which is focused on optimizing dietary regimens and preserving health.

Keywords: rusk-based bakery products, secondary phyto-raw materials, powdered products, bakery product formulations, bakery production technology, bakery product quality assessment, bakery product range expansion

For citation: Vasiliev AS, Chumakova EN, Zverev SV. Rusk-based bakery products with vegetable powdered products. *Bulletin of KSAU*. 2026;(2):226-243. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-226-243.

Funding: research was supported by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (R&D Project № 125022102817-9).

Введение. Хлебобулочные изделия обладают исключительной ценностью для человека, так как характеризуются высокой трансформируемостью номенклатуры, не приедаются при регулярном употреблении в пищу, а также отличаются высоким потенциалом рецептурно-технологического усовершенствования [1]. По данным Росстата, потребление хлебных продуктов в РФ в 2023 г. на душу населения составило 86,9 кг, что на 10,6 % ниже по сравнению с 2013 г. и на 25,4 % ниже относительно 2003 г. [2]. Учитывая такую динамику, хлебопекам с каждым годом приходится прилагать все более значительные усилия по сохранению потребительского спроса на их продукцию среди населения [3]. Существующая направленность госу-

дарственной политики на рациональное питание и укрепление здоровья граждан, подкрепленная целым комплексом нормативной документации о необходимости развития функциональных пищевых продуктов, способствует развитию рынка таких изделий [4]. Созданию хлебобулочной продукции с улучшенными пищевыми характеристиками посвящены многочисленные научные работы как отечественных, так и зарубежных ученых. Общим в них является решение задач по повышению качества изделий с целью роста востребованности у потребителей [5]. При этом примечательно, что большинство современных научных трудов, как правило, рассматривают вопросы улучшения хлебобулочных изделий недлительного хранения, срок годности

которых по ГОСТ 318-2018 не превышает 120 ч (≤ 5 сут). Вместе с тем в целом ряде случаев (путешествия, туризм, чрезвычайные ситуации, отдаленность населенных пунктов и др.) существенной преимущественностью обладают хлебобулочные изделия длительного хранения, такие как сухари, сушки, галеты, хлебцы и т. д. [6]. Основными достоинствами данной группы изделий являются: повышенный срок годности, удобство хранения и транспортировки, гибкость объемов производства (создание товарного запаса) в зависимости от изменений спроса, сохранение качества и полноценности рациона питания в условиях отсутствия возможности приобретения свежеспеченного хлеба [7]. Кроме этого, отдельные авторы отмечают, что предпочтительность употребления сухарных изделий перед свежим хлебом обусловлена в том числе тем фактором, что в процессе высушивания крахмал из гелеобразной формы переходит в кристаллическую, облегчая при этом пищеварение и усвоение питательных веществ [8]. Одновременно меньшее содержание влаги в сухарных изделиях, как правило, способствует более длительному ощущению сытости, что может быть полезно при контроле аппетита.

В то же время следует учитывать, что полезные свойства данной продукции, впрочем как и ряда других изделий, во многом определяются ее рецептурным составом [9]. В качестве обогащающих материалов в хлебопекарной отрасли используется самое разнообразное сырье (фрукты, ягоды, орехи, семена бобовых культур и т. д.) [10, 11]. При этом наибольшее распространение получило применение фиторесурсов в виде разнообразных по дисперсности порошков [12]. Такая форма введения сырья характеризуется максимальной эффективностью за счет повышения гомогенности ввода в хлебобулочные изделия и комплексного улучшения их свойств. Отдельно стоит отметить, что с экономической и экологической точек зрения наиболее перспективной является выработка порошковых продуктов из вторичных растительных материалов (жмыхи, шроты, отруби и пр.) [13]. Данное сырье зачастую обладает высокими вкусоароматическими свойствами (характерными для объектов переработки), а также существенным содержанием ценных макро- и микронутриентов, значительно превышающим обычную хлебопекарную муку, что, в частности, подтверждается материалами таблицы 1 [14].

Таблица 1

Пищевая ценность различных порошковых продуктов (в расчете на 100 г сух. вещ-ва)
Nutritional value of various powdered products (per 100 g of dry matter)

Показатель	Мука х/п, высший сорт Норма*	Порошковый продукт			
		морковь свекла	тыква топинамбур	вишня яблоко (груша) – в среднем	томат брокколи
1	2	3	4	5	6
Белок, г	$12,56 \pm 0,63$ 81	$10,83 \pm 0,54$ $10,71 \pm 0,54$	$12,20 \pm 0,61$ $10,00 \pm 0,50$	$5,13 \pm 0,26$ $2,92 \pm 0,15$	$16,36 \pm 0,82$ $26,00 \pm 1,30$
Углеводы, г	$81,28 \pm 4,06$ 322	$57,50 \pm 2,88$ $62,86 \pm 3,14$	$53,66 \pm 2,68$ $60,95 \pm 3,05$	$67,95 \pm 3,40$ $71,53 \pm 3,58$	$49,09 \pm 2,45$ $39,00 \pm 1,95$
Энергия, ккал	$388,37 \pm 19,42$ 2300	$291,67 \pm 4,58$ $300,00 \pm 15,00$	$268,29 \pm 13,41$ $290,48 \pm 14,52$	$333,33 \pm 16,67$ $343,07 \pm 17,15$	$327,27 \pm 16,36$ $310,00 \pm 15,50$
Пищевые волокна, г	$4,07 \pm 0,2$ 20	$20,00 \pm 1,00$ $17,86 \pm 0,89$	$24,39 \pm 1,22$ $21,43 \pm 1,07$	$11,54 \pm 0,58$ $13,14 \pm 0,66$	$21,82 \pm 1,09$ $24,00 \pm 1,20$
Витамин А, мкг	\approx 900	$16666,67 \pm 833,33$ $14,29 \pm 0,71$	$3048,78 \pm 152,44$ $9,52 \pm 0,48$	$108,97 \pm 5,45$ $36,50 \pm 1,83$	$763,64 \pm 38,18$ $80,00 \pm 4,00$
β -каротин, мг	\approx 5	$100,00 \pm 5,00$ $0,07 \pm 0,004$	$18,29 \pm 0,91$ $0,06 \pm 0,003$	$0,64 \pm 0,03$ $0,22 \pm 0,01$	$8,16 \pm 0,41$ $0,93 \pm 0,05$
Витамин В ₁ , мг	$0,20 \pm 0,01$ 1,5	$0,50 \pm 0,03$ $0,14 \pm 0,01$	$0,61 \pm 0,03$ $0,33 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,01$ $0,22 \pm 0,01$	$0,67 \pm 0,03$ $0,77 \pm 0,04$
Витамин В ₂ , мг	$0,05 \pm 0,003$ 1,8	$0,58 \pm 0,03$ $0,29 \pm 0,01$	$0,73 \pm 0,04$ $0,29 \pm 0,01$	$0,19 \pm 0,01$ $0,15 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,02$ $1,14 \pm 0,06$

1	2	3	4	5	6
Витамин В ₄ , мг	$\frac{12,09 \pm 0,60}{500}$	$\frac{73,33 \pm 3,67}{42,86 \pm 2,14}$	$\frac{100,00 \pm 5,00}{142,86 \pm 7,14}$	$\frac{39,10 \pm 1,96}{24,82 \pm 1,24}$	$\frac{121,82 \pm 6,09}{187,00 \pm 9,35}$
Витамин В ₅ , мг	$\frac{0,35 \pm 0,02}{5}$	$\frac{2,17 \pm 0,11}{0,86 \pm 0,04}$	$\frac{4,88 \pm 0,24}{1,89 \pm 0,09}$	$\frac{0,51 \pm 0,03}{0,51 \pm 0,03}$	$\frac{1,62 \pm 0,08}{6,10 \pm 0,31}$
Витамин В ₆ , мг	$\frac{0,20 \pm 0,01}{2}$	$\frac{1,08 \pm 0,05}{0,50 \pm 0,03}$	$\frac{1,59 \pm 0,08}{0,37 \pm 0,02}$	$\frac{0,32 \pm 0,02}{0,58 \pm 0,03}$	$\frac{1,45 \pm 0,07}{1,91 \pm 0,10}$
Витамин В ₉ , мкг	$\frac{31,51 \pm 1,58}{400}$	$\frac{75,00 \pm 3,75}{92,86 \pm 4,64}$	$\frac{170,73 \pm 8,54}{61,90 \pm 3,10}$	$\frac{38,46 \pm 1,92}{14,60 \pm 0,73}$	$\frac{272,73 \pm 13,64}{650,00 \pm 32,50}$
Витамин С, мг	$\frac{\sim}{90}$	$\frac{41,67 \pm 2,08}{71,43 \pm 3,57}$	$\frac{97,56 \pm 4,88}{28,57 \pm 1,43}$	$\frac{96,15 \pm 4,81}{30,66 \pm 1,53}$	$\frac{249,09 \pm 12,45}{913,00 \pm 45,65}$
Витамин Е, мг	$\frac{1,74 \pm 0,09}{15}$	$\frac{3,33 \pm 0,17}{0,71 \pm 0,04}$	$\frac{4,88 \pm 0,24}{0,95 \pm 0,05}$	$\frac{1,92 \pm 0,10}{1,46 \pm 0,07}$	$\frac{9,82 \pm 0,49}{1,50 \pm 0,08}$
Витамин К, мкг	$\frac{0,35 \pm 0,02}{120}$	$\frac{110,00 \pm 5,50}{1,43 \pm 0,07}$	$\frac{13,41 \pm 0,67}{0,48 \pm 0,02}$	$\frac{13,46 \pm 0,67}{16,06 \pm 0,80}$	$\frac{143,64 \pm 7,18}{1020,00 \pm 51,00}$
Витамин РР, мг	$\frac{3,49 \pm 0,17}{20}$	$\frac{9,17 \pm 0,46}{2,86 \pm 0,14}$	$\frac{8,54 \pm 0,43}{7,62 \pm 0,38}$	$\frac{3,21 \pm 0,16}{2,92 \pm 0,15}$	$\frac{10,80 \pm 0,54}{6,39 \pm 0,32}$
К, мг	$\frac{141,86 \pm 7,09}{2500}$	$\frac{1666,67 \pm 83,33}{2057,14 \pm 102,86}$	$\frac{2487,80 \pm 124,39}{952,38 \pm 47,62}$	$\frac{1641,03 \pm 82,05}{2029,20 \pm 101,46}$	$\frac{4309,09 \pm 215,45}{3030,00 \pm 151,50}$
Ca, мг	$\frac{20,93 \pm 1,05}{1000}$	$\frac{225,00 \pm 11,25}{264,29 \pm 13,21}$	$\frac{304,88 \pm 15,24}{95,24 \pm 4,76}$	$\frac{237,18 \pm 11,86}{116,79 \pm 5,84}$	$\frac{181,82 \pm 9,09}{460,00 \pm 23,00}$
Si, мг	$\frac{4,65 \pm 0,23}{30}$	$\frac{208,33 \pm 10,42}{564,29 \pm 28,21}$	$\frac{365,85 \pm 18,29}{38,10 \pm 1,91}$	$\frac{262,82 \pm 13,14}{14,60 \pm 0,73}$	$\frac{109,09 \pm 5,45}{780,00 \pm 39,00}$
Mg, мг	$\frac{18,60 \pm 0,93}{400}$	$\frac{316,67 \pm 15,83}{157,14 \pm 7,86}$	$\frac{170,73 \pm 8,54}{57,14 \pm 2,86}$	$\frac{166,67 \pm 8,33}{65,69 \pm 3,28}$	$\frac{200,00 \pm 10,00}{210,00 \pm 10,50}$
S, мг	$\frac{81,40 \pm 4,07}{1000}$	$\frac{50,00 \pm 2,50}{50,00 \pm 2,50}$	$\frac{219,51 \pm 10,98}{95,24 \pm 4,76}$	$\frac{38,46 \pm 1,92}{36,50 \pm 1,83}$	$\frac{160,00 \pm 8,00}{282,00 \pm 14,10}$
P, мг	$\frac{100,00 \pm 5,00}{800}$	$\frac{458,33 \pm 22,92}{307,14 \pm 15,36}$	$\frac{304,88 \pm 15,24}{371,43 \pm 18,57}$	$\frac{192,31 \pm 9,62}{80,29 \pm 4,01}$	$\frac{436,36 \pm 21,82}{670,00 \pm 33,50}$
Fe, мг	$\frac{1,40 \pm 0,07}{18}$	$\frac{525,00 \pm 26,25}{10,00 \pm 0,50}$	$\frac{4,88 \pm 0,24}{16,19 \pm 0,81}$	$\frac{3,21 \pm 0,16}{16,06 \pm 0,80}$	$\frac{4,91 \pm 0,25}{6,90 \pm 0,35}$

Примечание: * – норма потребления в сутки в соответствии с МР 2.3.1.0253-21.

Отдельно следует отметить существенный потенциал в улучшении характеристик пищевой продукции продуктов переработки семян в масложировой промышленности – жмыха и шрота, которые содержат до 40 % и более белковой фракции и могут при применении успешно приблизить к рациональным значениям (4 : 1) соотношение углеводов к белкам в продуктах, богатых первыми, что особенно актуально при разработке продовольственных изделий функциональной направленности [15, 16].

Таким образом, реализация исследований по расширению ассортимента сухарных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности для функционального и профилактического питания, обогащенных путем введения в рецептуру нетрадиционных видов сырья растительного происхождения с учетом технологических особенностей производства, является актуальным направлением в пищевой промышленности в целом и в хлебопекарной отрасли в частности [17, 18]. Учитывая разнообразие характеристик

применяемых в производстве обогащающих материалов, по-прежнему остается открытым вопрос поиска наиболее оптимальных решений для улучшения различных групп хлебобулочных изделий, в т. ч. длительного хранения, что главным образом и определяет необходимость проведения отдельных научных исследований в этом направлении.

Цель исследования – изучить качественные характеристики пшеничных сухарных хлебобулочных изделий, обогащенных различными порошковыми продуктами из вторичного фитосырья.

Задачи: разработать рецептуру и технологию производства опытных образцов сухарных хлебобулочных изделий; выработать ассортимент экспериментальной продукции с различными порошками; выполнить сравнительное исследование изменения нормируемых характеристик качества изготовленных изделий.

Объекты и методы. Исследования выполнялись в 2024–2025 гг. в условиях опытно-лабораторной базы кафедры АППиС Тверской

ГСХА (г. Тверь, Россия). Порошковые продукты для обогащения сухарных изделий вырабатывались из жмыховых материалов, полученных из следующего плодово-ягодного сырья: яблок сорта Антоновка обыкновенная (оригинатор ФГБНУ ФНЦ садоводства, Россия), груш сорта Чижовская (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия), вишни сорта Вита (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, Россия); овощного сырья: свеклы столовой сорта Красный шар (ООО «Агрофирма АЭЛИТА», Россия), тыквы сорта Конфетка (ФГБНУ ФНЦО, ООО «СФ Гавриш», Россия), моркови столовой Красный великан (ООО «Агрофирма АЭЛИТА», Россия), топинамбура сорта Скороспелка (ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, КФХ ИП Анушкевич Н.Ю., ООО «Вива», Россия), томата гибрида F1 Агрессор (ООО «НИИСОК», ООО «СФ Гавриш», Россия), брокколи сорта Кудрявая голова (ООО «Агрофирма СеДеК», Россия). Для получения порошкового продукта из ягод брусники применялось местное дикорастущее сырье. Жмыховые продукты из плодово-ягодного и овощного сырья получались в результате их мойки и очистки (в т. ч. извлече-

ния семенных камер из яблок, груш; косточек из вишни), отжима сока посредством прессования.

Для изготовления порошков из продуктов переработки семян использовались жмых льна масличного сорта ЛМ 98 (ФГБНУ ФНЦ ЛК, Россия), жмых косточек винограда сорта Мускат розовый (АО «Солнечная Долина», Россия), оставшийся после холодного отжима виноградного масла, а также шрот рапса сорта 00-типа Юлдаш (ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН, Россия).

Для лучшего измельчения все жмыхи высушивались до постоянной влажности в сушильном шкафу ШС-2/80-СПУ (Смоленское СКТБ СПУ, Россия) при температуре 60–70 °С. После окончания сушки выполнялось непосредственно измельчение растительного материала при помощи лабораторной мельницы ЛМ-202 (ООО «Плаун», Россия). Измельченный продукт разделялся на фракции посредством отсева лабораторного РЛ-5МЦ (ООО «НПП «Приборинформ», Россия). В последующем процессе производства сухарных изделий использовалась фракция с размером 100–200 микрон. Примеры готовых порошковых продуктов даны на рисунке 1.



Рис. 1. Порошки из продуктов переработки семян
Powers from seed processing products

Тестовую заготовку для сухарного изделия производили безопасным способом, состоящим из одновременного введения всех ингредиентов в дежу тестомеса Fimar модель IM7SNGX405T (Fimar S.p.A., Италия). Далее тесто, в виде вручную сформированных сухарных плит, подвергалось расстойке в расстоечном шкафу Smeg модель LEV31RU (Smeg S.p.A., Италия). Выпекание и сушка изделий осуществлялись в конвекционной печи Smeg модель Alfa 41 (Smeg S.p.A., Италия). Нарезка плит осуществлялась вручную ножом для хлеба с серрейторной заточкой.

В процессе выполнения исследований использовали распространенные методики. В ка-

честве контроля для сравнительного анализа и выявления специфических характеристик опытной продукции служили сухарные изделия, изготовленные из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Непосредственно экспериментальные работы: отбор образцов, определение органолептических показателей – ГОСТ Р 54645-2011, определение влажности – ГОСТ 21094-2022, определение кислотности – ГОСТ 5670-96. Для математической обработки использовался программный комплекс MS Excel.

Результаты и их обсуждение. В ходе реализации научной работы была выработана общая для изучения всех порошковых продуктов

рецептура экспериментальных сухарных хлебо-булочных изделий, включающая три образца: 1) контрольный (без порошкового продукта); 2) 10,0 % муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, используемой при замешивании

теста, заменяется порошковым продуктом; 3) 20,0 % муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, используемой при замешивании теста, заменяется порошковым продуктом (табл. 2).

Таблица 2

Рецептура сухарных хлебобулочных изделий (в расчете на 100 г мучного сырья)
The recipe of breadcrumbs (based on 100 g of flour raw materials)

Сырье	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2
Мука пшеничная х/п высшего сорта (ГОСТ 26574-2017)	100,0	90,0	80,0
Порошковый продукт	0,0	10,0	20,0
Дрожжи хлебопекарные сухие (ГОСТ Р 54845-2011)	1,1	1,1	1,1
Соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018)	1,5	1,5	1,5
Сахар белый (ГОСТ 33222-2015)	3,0	3,0	3,0
Вода питьевая (ГОСТ 32220-2013)	60,0	60,0	60,0
Масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013)	6,0	6,0	6,0
Итого	171,6	171,6	171,6

Руководствуясь представленной рецептурой, была разработана и апробирована технология производства сухарных хлебобулочных изделий с заменой пшеничной муки различными порошковыми продуктами (рис. 2). Технология базируется на замешивании, формировании и расстойке теста, выпекании и охлаждении сухарных плит, с последующей их нарезкой и высушиванием. Готовые охлажденные изделия упаковываются в крафт-пакеты со смотровым ок-

ном для их визуализации. Всего в рамках текущей научно-исследовательской работы по данной технологии, исходя из номенклатуры используемого сырья, были изготовлены 13 новых видов экспериментальных изделий: 4 с плодово-ягодными материалами (яблоко, груша, вишня, брусника); 6 с овощными (морковь, свекла, топинамбур, томат, тыква, шпинат) и 3 с продуктами переработки семян (лен, рапс, виноградная косточка).

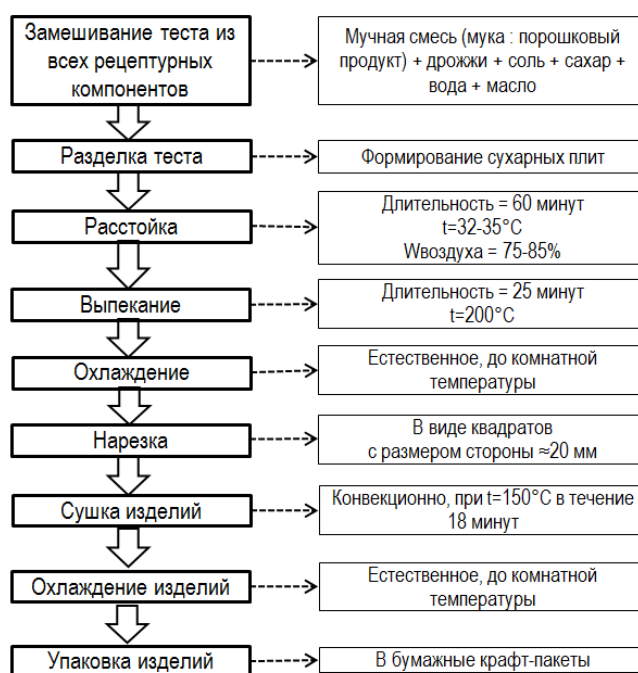


Рис. 2. Технологическая схема производства обогащенных сухарных хлебобулочных изделий
Technological scheme of production of enriched breadcrumbs

Вся опытная продукция подвергалась комплексной оценке органолептических и физико-химических показателей качества. Установлено, что введение в рецептуру плодово-ягодных и овощных порошковых продуктов значительно обогащало органолептические характеристики сухарных хлебобулочных изделий, придавая им вкус и аромат, характерные для вводимого замещающего сырья (табл. 2–4). Наиболее оптимальными показателями по цвету, вкусу и запаху отличались изделия с заменой 10,0 % муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, используемой в процессе замешивания теста, порошковым продуктом. Увеличение дозировки порошков до 20,0%, как правило, избыточно усиливало вкусоароматику изделий, придавая им интенсивные привкус и послевкусие, а также глубоко выраженный аромат. Кроме этого, у образцов изделий с введением в рецептуру 20,0 % порошкового продукта наблюдалось ухудшение пористости сухарных плит, выраженное в наличии уплотнений и пустот. Данное явление было обусловлено прежде всего особенностями биохимического состава порошковых продуктов из плодово-ягодного и овощного сырья, а именно существенным содержанием: 1) сахаров, которые при высокой концентрации могут конкурировать с мукой за воду и формировать комплексы с белками, препятствуя их гидратации и развитию клейковины; 2) органических кислот, способных разрывать дисульфидные связи в белках клейковины, ослабляя ее структуру и эластичность, а также способных повышать кислотность теста; 3) полисахаридов, являющихся гелеобразователями, связывающими воду и ограничивающими ее использование для гидратации белков клейковины. Результатами перечисленных свойств является: 1) повышенная хрупкость клейковинного каркаса, сопровождающаяся уменьшением объема изделий; 2) ухудшение способности теста удерживать углекислый газ в процессе брожения, что повышает плотность выпечки; 3) уменьшение растяжимости тестовой заготовки при разделке и формовке.

Повышение дозировки замещающего сырья также отрицательно сказалось на физико-химических характеристиках сухарных хлебобулочных изделий, увеличив их влажность и повысив кислотность. По усилению интенсификации влияния на влажность изделий фитопорошки характеризовались следующими значениями: плодово-ягодные – брусника (при 10,0 % замене – ↑7,9 %; при 20,0 % замене – ↑16,9 %) →

вишня (↑9,0 %; ↑19,1 %) → груша (↑10,1 %; ↑21,3 %) → яблоко (↑11,1 %; ↑22,5 %); овощные – при 10,0 % замене – брокколи (↑2,2 %) → томат (↑3,4 %) → морковь (↑5,6 %) → свекла, тыква (↑6,7 %) → топинамбур (↑7,9 %); при 20,0 % замене – брокколи (↑7,9 %) → томат (↑10,1 %) → морковь (↑12,4 %) → свекла (↑13,5 %) → топинамбур, тыква (↑14,6 %). Рост влажности был обусловлен главным образом высокой гигроскопичностью порошковых продуктов и наличием значительного количества гидрофильных соединений (пектин, клетчатка и пр.), содержащихся в них, а также более высокой способностью их к связыванию и удерживанию влаги [11]. В свою очередь, повышение в тесте уровня содержания органических кислот, как правило, способствовало увеличению значений кислотности изделий, в порядке возрастания воздействия на которую порошковые продукты расположились следующим образом: плодово-ягодные – брусника (при 10,0 % замене – ↑10,0 %; при 20,0 % замене – ↑16,7 %) → вишня (↑13,3 %; ↑20,0 %) → яблоко и груша (↑16,7 %; ↑23,3 %); овощные – при 10,0 % замене – тыква (↑3,3 %) → морковь, свекла, топинамбур, брокколи (↑6,7 %) → томат (↑16,7 %), при 20,0 % замене – топинамбур, тыква, брокколи (↑10,0 %) → морковь, свекла (↑13,3 %) → томат (↑26,7 %). Примечательно, что, несмотря на выявленное увеличение влажности и кислотности, все параметры экспериментальных сухарных хлебобулочных изделий находились в пределах значений, установленных нормативной документацией (ГОСТ Р 54645-2011): влажность < 12,0 %, кислотность < 4,0 %.

Наряду с выявленными закономерностями изменения качественных характеристик изделий, необходимо отметить также, что дополнительным фактором положительного влияния растительных порошков на хлебобулочные продукты, по данным НИИ хлебопекарной промышленности, является их способность в процессе введения в рецептуру значительно затормаживать микробную порчу изделий и, соответственно, улучшать их хранимоспособность за счет богатого содержания разнообразных противомикробных веществ: флавоноиды, фенольные кислоты, антоцианы, эфирные масла и др. [19].

Наглядно лучшие образцы сухарных хлебобулочных изделий с заменой 10 % муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта плодово-ягодными и овощными порошковыми продуктами из жмыхового сырья представлены на рисунках 3, 4.

Показатели сухарных хлебобулочных изделий, обогащенных плодово-ягодными жмыхами
Indicators of breadcrumbs enriched with fruit and berry cakes

Показатель	Контрольный вариант (0,0 % допсырья)	Брусника	Яблоко	Вишня	Груша
		10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %
Органолептические					
Форма	В виде равносторонних квадратов				
Поверхность	Без сквозных трещин и пустот, с развитой пористостью, без следов непромеса (у опытных образцов с 20 % отмечены пустоты и уплотнения)				
Цвет	Светло-коричневый	<u>Светло-розовый</u> розовый	Бледно-светло-коричневый коричневый	Темно-вишнево-коричневый темно-коричневый	Светло-коричневый коричневый
Вкус	*ССХИ из пшеничной муки	ССХИ, с приятным привкусом плодов <u>брусники</u> ССХИ, с легкой горчинкой	ССХИ, с легким <u>привкусом яблока</u> ССХИ, с выраженным привкусом яблока	ССХИ, с ненавязчивым привкусом и послевкусием <u>вишни</u> ССХИ, с сильно выраженным привкусом и послевкусием вишни	ССХИ, с легким сладко-кислым <u>привкусом груши</u> ССХИ, с выраженным терпким привкусом груши
Запах	ССХИ из пшеничной муки	ССХИ, с легким брусничным <u>ароматом</u> ССХИ, с выраженным запахом брусники	ССХИ, с нежным <u>ароматом яблока</u> ССХИ, с интенсивным ароматом яблока	ССХИ, с ярким ненавязчивым <u>ароматом вишни</u> ССХИ, с избыточно интенсивным ароматом вишни	ССХИ, с карамельным <u>ароматом груши</u> ССХИ, с кисловатым ароматом груши и фруктов
Хрупкость	Хрупкие				
Физико-химические					
Влажность, %	8,9	<u>9,6</u> 10,4	<u>9,9</u> 10,9	<u>9,7</u> 10,6	<u>9,8</u> 10,8
Кислотность, град.	3,0	<u>3,3</u> 3,5	<u>3,5</u> 3,7	<u>3,4</u> 3,6	<u>3,5</u> 3,7

Здесь и далее: ССХИ – свойственный для сухарных хлебобулочных изделий.



Рис. 3. Сухарные изделия с порошковыми продуктами из плодово-ягодных жмыхов (10,0 %)
Breadcrumbs with the powdered products from fruit and berry cakes (10,0 %)

Показатели сухарных хлебобулочных изделий, обогащенных овощными жмыхами
 Indicators of breadcrumbs enriched with vegetable cakes

Показатель	Контрольный вариант (0,0% доп-сырья)	Морковь	Свекла	Топинамбур
		10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %
1	2	3	4	5
Органолептические				
Форма	В виде равносторонних квадратов			
Поверхность	Без сквозных трещин и пустот, с развитой пористостью, без следов непромеса (у опытных образцов с 20 % отмечены пустоты и уплотнения)			
Цвет	Светло-коричневый	Бледно-желто-коричневый светло-коричневый	Светло-коричневый с розовым оттенком коричневый	Серо-коричневый светло-коричневый
		Светло-оранжевый оранжево-коричневый	Желто-коричневый коричневый	Бежево-светло-коричневый бежево-коричневый с уловимым бледно-зеленоватым оттенком
Вкус	ССХИ из пшеничной муки	ССХИ, с легким привкусом моркови ССХИ, с выраженным привкусом и послевкусием моркови	ССХИ, с приятным привкусом свеклы ССХИ, с выраженным свекольным привкусом	ССХИ, с приятным сладковатым привкусом топинамбура ССХИ, с выраженным привкусом и послевкусием топинамбура
		ССХИ, с легким приятным кисло-сладким привкусом томата ССХИ, с выраженным томатным привкусом с избыточной кислотой	ССХИ, с приятным привкусом тыквы ССХИ, с ярко выраженным привкусом тыквы	ССХИ, с ненавязчивым овощным привкусом шпината ССХИ, с выраженным привкусом и послевкусием шпината
Запах	ССХИ из пшеничной муки	ССХИ, с легким морковным ароматом ССХИ, с выраженным ароматом моркови	ССХИ, с уловимым свекольным ароматом ССХИ, с терпким ароматом свеклы	ССХИ, с легким ароматом топинамбура ССХИ, с ярким ароматом топинамбура
		ССХИ, с уловимым томатным ароматом ССХИ, с выраженным ароматом томата	ССХИ, с различным ненавязчивым ароматом тыквы ССХИ, с выраженным ароматом тыквы	ССХИ, с различным овощным ароматом ССХИ, с выраженным овощным ароматом
Хрупкость	Хрупкие			

1	2	3	4	5
Физико-химические				
Влажность, %	8,9	<u>9,4</u>	<u>9,5</u>	<u>9,6</u>
		10,0	10,1	10,2
Кислотность, град.	3,0	<u>9,2</u>	<u>9,5</u>	<u>9,1</u>
		9,8	10,2	9,6
		<u>3,2</u>	<u>3,2</u>	<u>3,2</u>
		3,4	3,4	3,3
		<u>3,5</u>	<u>3,1</u>	<u>3,2</u>
		3,8	3,3	3,3



Рис. 4. Сухарные изделия с порошковыми продуктами из овощных жмыхов (10,0 %)
 Breadcrumbs with the powdered products from vegetable cakes (10,0 %)

Отчасти сопоставимые результаты обогащения сухарных хлебобулочных изделий были получены и при введении в рецептуру продуктов переработки семян льна, рапса и косточки винограда (табл. 5). Полученные изделия отличались приобретением цветовых и вкусоароматических характеристик добавок. При этом замена 20 % муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта порошковыми продуктами способствовала появлению у изделий уплотнений и пустот, что главным образом объясняется высокой влагоудерживающей способностью применяемых порошков, определяемой значительным содержанием в них гидрофильных веществ, представленных белками, полисахаридами и т. д. Этот же фактор определяет повышение влажности изделий при использовании порошков продуктов переработки семян: у образцов с 10,0 % порошков – косточка винограда (↑7,9%) → лен

(↑9,0%) → рапс (↑10,1%); с 20,0 % – соответственно 11,2 → 13,5 → 14,6.

В процессе исследований было определено также влияние порошковых продуктов на кислотность изделий, рост которой относительно контрольного варианта сухарных хлебобулочных изделий составил у образцов с 10,0 % заменой: лен и виноградная косточка – 3,3 %, рапс – 6,7 %; с 20,0 % заменой: лен и виноградная косточка – 6,7 %, рапс – 10,0 %. Увеличение кислотности объясняется преимущественно остаточным содержанием в жмыхе и шроте свободных жирных кислот [16].

На рисунке 5 представлены образцы изделий с 10,0 % заменой пшеничной муки порошковыми продуктами из вторичных ресурсов переработки семян, которые продемонстрировали суммарно лучшие параметры органолептики и иных показателей.

Показатели сухарных хлебобулочных изделий, обогащенных продуктами переработки семян
 Indicators of breadcrumbs enriched with seed processing products

Показатель	Контрольный вариант (0,0% допсырья)	Лен	Косточка винограда	Рапс
		10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %	10,0, % 20,0, %
Органолептические				
Форма	В виде равносторонних квадратов			
Поверхность	Без сквозных трещин и пустот, с развитой пористостью, без следов непромеса (у опытных образцов с 20 % отмечены пустоты и уплотнения)			
Цвет	Светло-коричневый	<u>Бледно-серо-коричневый</u> серо-коричневый	<u>Бордово-коричневый</u> темно-коричневый	<u>Желто-коричневый</u> темно-желто-коричневый
Вкус	ССХИ из пшеничной муки	ССХИ, с приятным <u>привкусом льна</u> ССХИ, с выраженным льняным привкусом и послевкусием	ССХИ, с приятным <u>привкусом винограда</u> ССХИ, с выраженным терпким привкусом винограда	ССХИ, с приятным <u>привкусом добавки</u> ССХИ, с выраженным привкусом и послевкусием добавки
Запах	ССХИ из пшеничной муки	ССХИ, с легким льняным <u>ароматом</u> ССХИ, с выраженным ароматом льна	ССХИ, с тонким приятным <u>ароматом винограда</u> ССХИ, с навязчивым запахом винограда	ССХИ, с уловимым приятным ароматом <u>рапсового масла</u> ССХИ, с избыточным рапсовым запахом
Хрупкость	Хрупкие			
Физико-химические				
Влажность, %	8,9	<u>9,7</u> 10,1	<u>9,6</u> 9,9	<u>9,8</u> 10,2
Кислотность, град.	3,0	<u>3,1</u> 3,2	<u>3,1</u> 3,2	<u>3,2</u> 3,3

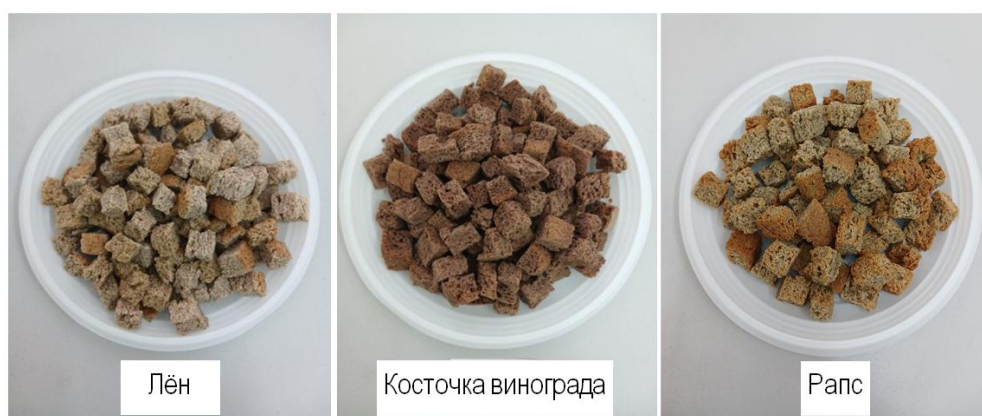


Рис. 5. Сухарные изделия с порошковыми продуктами из жмыха льна, виноградной косточки и шрота рапса (10,0 %)

Breadcrumbs with the powdered products from flax seed cake, grape seed and rapeseed meal (10,0 %)

Примеры расфасованных и упакованных в крафт-пакеты сухарных изделий даны на рисунке 6. Данный вариант упаковки, как правило, эффективно сохраняет продукцию, отличается экологичностью, удобностью брендинга и транспортировки [20].



Рис. 6. Вариант упаковки готовой продукции в крафт-пакеты
The option of packaging finished products in kraft bags

Примечательно, что сухарные хлебулочные изделия являются одним из самых популярных видов продукции, выпускаемой хлебопекарными предприятиями по всему миру, которые при этом преимущественно изготавливаются из рафинированной пшеничной муки, характеризующейся наименьшей пищевой ценностью для человека [17, 21]. Анализ современной научной литературы показывает, что для улучшения пищевых характеристик сухарных хлебулочных изделий могут применяться самые разнообразные материалы [22]. Так, ученые Алтайского ГТУ им. И.И. Ползунова условно выделили 4 основных вида безглютенового сырья, активно используемого в хлебопекарной промышленности: 1) мука с высоким содержанием полисахаридов; 2) ингредиенты с высоким содержанием белка; 3) гидроколлоиды; 4) эмульгаторы, разрыхлители, вкусоароматические ингредиенты. Применение многих вышеперечисленных материалов позволяет значительно повысить не только потребительские, но и прежде всего функциональные характеристики продукции [23]. Существенным положительным воздействием на пищевую ценность сухарных хлебулочных изделий из пшеничной муки отличаются различные порошковидные материалы, в частности вырабатываемые из плодово-овощного сырья [9] и продуктов переработки маслосемян [24, 25]. Важное место в повышении пищевой ценности сдобных сухарей имеют пюреобразные продукты (например из тыквы) [7]. Известны также примеры использования в рецептурах сухарных изделий специально подготовленных комплексных улучшителей [26].

Одновременно специалистами обращается внимание на предельный уровень добавления

дополнительного сырья при введении его в рецептуру пшеничных сухарных изделий. В частности отмечается, что превышение дозировки сырья (например, муки из проса) уровня 20 % значительно увеличивает ломкость и твердость изделий [18]. При этом оптимальным уровнем введения ячменной муки в мучную смесь при производстве пшеничных сухарей является 30 % [27], что свидетельствует о необходимости рекогносцировочных и дополнительных исследований дозировок при применении в рецептурах каждого из перспективных видов сырья.

Стоит отметить, что наибольшей востребованностью при поиске сырья для обогащения сухарных хлебулочных изделий пользуются местные ресурсы. Так, учеными Университета Венда (Южная Африка) для повышения пищевых (белок, клетчатка), антиоксидантных и физико-технологических (твердость, ломкость) характеристик пшеничных сухарей успешно была использована мука из семян местного растения семейства бобовых *Vigna subterranea* в соотношениях с пшеничной 5–20 : 95–80 % [28]. Не менее интересными являются результаты исследований, выполненных в Индии, по применению в рецептуре сухарей муки из водяного ореха *Trapa natans*, служащей ценным источником минеральных веществ и антиоксидантов [17]. Коллективом авторов из РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева и Кузбасского ГАУ им. В.Н. Полецкого для обогащения пшенично-ржаных хлебцев рекомендуется заменять 3,0 % мучной смеси порошком из клубней *Helianthus tuberosus*, что позволяет значительно улучшить обеспеченность изделий пищевыми волокнами и витаминами группы В [29].

С точки зрения здоровьесбережения интересен также тот факт, что помимо повышения пищевой ценности и снижения объемов потребления глютена роль обогащения различными фитоматериалами хлебобулочной продукции в целом и сухарных изделий в частности, а также технологических особенностей их изготовления, может заключаться в уменьшении количества потребления акриламида – канцерогенного вещества, образуемого в процессе воздействия на хлебопродукты высокими температурами [22, 30, 31]. При этом по данным исследований более 300 образцов 17 видов пищевой продукции (хлебобулочные и макаронные изделия, овощи, снеки и пр.), полученных вьетнамскими коллегами, наибольшее количество акриламида накапливается при жарке, в то время как в изделиях, подвергнутых сушке, оно существенно ниже [32].

В целом стоит выделить, что полученные в рамках данной НИР результаты коррелируют с известными разработками в области повышения пищевой ценности сухарных хлебобулочных изделий из пшеничной муки. Во всех работах отмечается необходимость более широкого использования натуральных фитообогащающих ингредиентов, преимущественно в порошковой форме, позволяющей оптимизировать процесс тестоведения, улучшить безопасность и пищевые характеристики продукции.

Заключение. В результате исследований была разработана рецептура экспериментальных сухарных хлебобулочных изделий из пшеничной муки, обогащенных растительными порошковыми продуктами из различных видов вторичного сырья, представленного плодово-ягодными (яблоко, груша, вишня, брусника) и овощными (морковь, свекла, топинамбур, томат, тыква, шпинат) жмыхами, а также продуктами переработки семян на масло (жмых льна, шрот рапса, жмых виноградной косточки). Для последующей лабораторной апробации рецептуры была выработана технология производства опытных образцов изделий, включающая следующие операции: замешивание теста → разделка теста → расстойка → выпекание → охлаждение → нарезка сухарных плит → сушка изделий → охлаждение → упаковка. По разработанной технологии, исходя из номенклатуры используемого сырья, были изготовлены 13 новых видов экспериментальных изделий и выполнена комплексная оценка их качественных показателей.

Установлено, что введение в рецептуру плодово-ягодных и овощных порошковых продуктов значительно обогащало органолептические характеристики сухарных хлебобулочных изделий, придавая им вкус и аромат, характерные для вводимого сырья. Наиболее оптимальными показателями по цвету, вкусу и запаху обладали изделия при соотношении пшеничной муки к фитопорошку, равном 90,0 : 10,0 %. Увеличение дозировки замещающего сырья до 20,0 %, как правило, избыточно усиливало вкусоароматику изделий, придавая им интенсивные привкус и послевкусие, а также глубоко выраженный аромат применяемых порошков. Кроме этого, повышение дозировки порошковых продуктов отрицательно сказывалось на физико-химических характеристиках изделий, увеличивая по сравнению с контрольным образцом их влажность на 7,9 (брокколи) – 22,5 % (яблоко), кислотность на 6,7 (лен, виноградная косточка) – 26,7 % (томат) соответственно; способствовало появлению у изделий уплотнений и пустот.

Важно отметить, что, несмотря на выявленное увеличение влажности и кислотности при росте дозировки замещающего сырья, все параметры экспериментальных изделий находились в пределах значений, установленных нормативной документацией (ГОСТ Р 54645-2011): влажность < 12,0 %, кислотность < 4,0 %. В целом в разрезе результатов оценки всех исследуемых в НИР образцов суммарно лучшие параметры органолептики и иных показателей продемонстрировали сухарные хлебобулочные изделия с 10,0 % заменой муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, используемой при замешивании теста, порошковыми продуктами из вторичного сырья.

Представленные в данном исследовании сухарные изделия могут быть успешно использованы предприятиями хлебопекарной промышленности для расширения ассортимента продукции, востребованной в потребительском секторе, ориентированном на оптимизацию пищевого режима и здоровьесбережение.

В качестве развития тематики предполагается осуществлять дальнейшее улучшение нутриентного профиля экспериментальной функциональной продукции посредством введения в рецептурные схемы композиционных порошковых продуктов, выработанных из вторичных материалов переработки семян масличных растений, зерна бобовых, а также сенсорно активных и биохимически ценных фитоматериалов.

Список источников

1. Новоселов С.В., Маюрникова Л.А., Исаева Н.В. Многоаспектная когнитивная модель для разработки нового хлебобулочного изделия в условиях процесса научно-инновационной деятельности // Ползуновский вестник. 2025. № 1. С. 142–149. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.017. EDN: EYGXBX.
2. Рамазанов И.А., Николаева М.А., Рамазанов С.А. Исследование традиций потребления продовольственных товаров в контексте перемен, происходящих в глобальной маркетинговой среде // Аграрная наука. 2025. № 5: С. 148–157. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-394-05-148-157. EDN: KIKUYA.
3. Васильев А.С., Чумакова Е.Н., Кудласевич И.А. Цельнозерновой пшеничный хлеб с порошком из выжимок плодов брусники // Вестник КрасГАУ. 2025. № 3. С. 211–218. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-211-218. EDN: ELYXAG.
4. Zhuravlev A.A., Lukina S.I., Ponomareva E.I., et al. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value // Foods and Raw Materials. 2017. Vol. 5, N 1. P. 73–80. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-73-80. EDN: ZEDOAX.
5. Костюченко М.Н., Мартиросян В.В., Косован А.П., и др. Холистический подход к ассортименту хлебобулочных изделий: здоровый и устойчивый выбор // Вопросы питания. 2023. Т. 92, № 5. С. 242. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-5s-301. EDN: LBLCOI.
6. Родионова Н.С., Попов Е.С., Матвеев Д.И., и др. Оценка минерального состава мучных изделий функционального назначения // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 76–80. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10191. EDN: WJHPIS.
7. Лукина С.И., Пономарева Е.И., Павловская С.М., и др. Разработка рецептурного состава обогащенных сдобных сухарей с нетрадиционными видами сырья // Хлебопродукты. 2021. № 4. С. 48–50. DOI: 10.32462/0235-2508-2021-30-4-48-50. EDN: NAHRLB.
8. Cappelli A., Carlesi F., Paganoni C., et al. Assessing the effects of flour particle size distribution to improve dough rheological properties and whole wheat rusks characteristics: a case study on industrial pilot plant // Journal of Cereal Science. 2025. Vol. 122. P. 104119. DOI: 10.1016/j.jcs.2025.104119. EDN: WAJPIW.
9. Rafique H.S., Hussain A., Nadeem M., et al. Impact of different proportions of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour on physical, chemical and sensory parameters of straight grade flour-based cake rusk // Food and Humanity. 2023. Vol. 1. P. 1282–1296. DOI: 10.1016/j.fooHum.2023.09.024. EDN: YLLNVF.
10. Васильев А.С., Чумакова Е.Н., Фаринюк Ю.Т. Формирование показателей качества пшеничного хлеба при добавлении порошка топинамбура // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5. С. 174–181. EDN: EDDKAT.
11. Сапожников А.Н., Копылова А.В., Наседкин М.А. Актуальные способы повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий // Вестник Башкирского ГАУ. 2023. № 3. С. 123–134. DOI: 10.31563/1684-7628-2023-67-3-123-134. EDN: TQFNQE.
12. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Кудрявцев А.В., и др. Измельчитель вторичного плодово-ягодного сырья // Агроинженерия. 2025. Т. 27, № 3. С. 4–14. DOI: 10.26897/2687-1149-2025-3-4-14. EDN: CWRSSH.
13. Ермош Л.Г., Присухина Н.В., Фадеев К.А. Использование отходов сокового производства для рецептурного состава ягодно-овощных чипсов // Вестник КрасГАУ. 2021. № 6. С. 163–169. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-163-169. EDN: LLJEJM.
14. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. Москва: ООО «ДеЛи принт», 2007. 275 с. EDN: QNGUUT.
15. Зверев С.В., Миневич И.Э., Васильев А.С., и др. Продукты обрушения семян рапса: разделение и оценка качества // Аграрная наука. 2025. № 7. С. 164–171. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-164-171. EDN: GGKFJP.

16. Конева С.И., Егорова Е.Ю., Козубаева Л.А., и др. Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 1. С. 85–96. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-1-85-96. EDN: XDQQVX.
17. Mer P., Awasthi P., Shahi N.Ch. Development, quality evaluation, and numerical optimization of process parameters of water chestnut (*Trapa natans*) flour incorporated rusk // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022. Vol. 46, N 11. DOI: 10.1111/jfpp.16981. EDN: HYPJRN.
18. Pavlicevic M., Vucinic D., Stosic M., et al. Digestibility, starch morphology, and nutritive value of rusks made from wheat flour with the addition of proso // *Cereal Chemistry*. 2023. Vol. 100, N 6. P. 1326–1335. DOI: 10.1002/cche.10714. EDN: VKMBHO.
19. Парахина О.И., Савкина О.А., Кузнецова Л.И., и др. Перспективы применения сырья растительного происхождения для продления сроков годности хлебобулочных изделий // *Хлебопродукты*. 2024. № 7. С. 26–35. DOI: 10.32462/0235-2508-2024-33-7-26-35. EDN: FHPIYR.
20. Ермолаева Е.О., Трофимова Н.Б., Астахова Н.В., и др. Обоснование выбора упаковки для увеличения срока хранения и обеспечения качества хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки // *Пищевая промышленность*. 2020. № 7. С. 53–59. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10077. EDN: RVXQRB.
21. Bravi E., Sileoni V., Perretti G., et al. Accelerated shelf-life model of gluten-free rusks by using oxidation indices // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 326. P. 126971. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126971. EDN: NOXPVT.
22. Miśkiewicz K., Rosicka-Kaczmarek Ju., Kowalska G., et al. Effect of oat fiber preparations with different contents of β -glucan on the formation of acrylamide in dietary bread (rusks) // *Molecules*. 2024. Vol. 29, N 2. P. 306. DOI: 10.3390/molecules29020306. EDN: RBKIDB.
23. Кузьмина С.С., Козубаева Л.А. Рецептурно-технологические решения при производстве безглютеновых хлебобулочных изделий // *Ползуновский вестник*. 2024. № 2. С. 140–147. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.018. EDN: RMDAHC.
24. Иванова Н.Г., Забалуева Ю.Ю., Дубровская М.О. Технология хлебобулочных сухарных изделий для профилактики развития ишемической болезни сердца // *Вестник ВСГУТУ*. 2025. №2. С. 6–14. DOI: 10.53980/24131997_2025_2_6. EDN: GOOYPP.
25. Ущাপовский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Влияние способа введения льняной муки на свойства хлебобулочных изделий // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 11. С. 183–191. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-183-191. EDN: RJHBFQ.
26. Котельникова М.Н., Асадова М.Г., Суслов Д.В., и др. Производство сухарных изделий с применением улучшителей // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2025. № 2. С. 25–28. DOI: 10.24412/2311-6447-2025-2-25-28. EDN: PCFEXC.
27. Punia S., Sandhu K.S., Kaur M. Quantification of phenolic acids and antioxidant potential of wheat rusks as influenced by partial replacement with barley flour // *Journal of Food Science and Technology*. 2020. Vol. 57, N 10. P. 3782–3791. DOI: 10.1007/s13197-020-04410-9. EDN: ZEINNA.
28. Ramashia Sh.E., Sikipha R.C., Olamiti G., et al. Nutritional, antioxidant and structural properties of rusk developed from wheat-bambara groundnut (*Vigna subterranean*) flour // *Legume Science*. 2024. Vol. 6, N 4. DOI: 10.1002/leg3.70015. EDN: LJFMMM.
29. Бакин И.А., Егушова Е.А., Резниченко И.Ю. Рациональное использование пищевых отходов в технологии диетических хлебцев // *Пищевая промышленность*. 2023. № 1. С. 45–49. DOI: 10.52653/PPI.2023.1.1.010. EDN: VGNMMO.
30. Резниченко И.Ю. Применение пищевых добавок и вопросы их регламентирования в чипсах // *Ползуновский вестник*. 2023. №3. С. 76–82. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.010. EDN: VQHPIA.

31. Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Верещагина С.А., и др. Рисовая мука как функциональный продукт питания // Рисоводство. 2022. № 2. С. 51–56. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-51-56. EDN: OADRV5.
32. Hai Y.D., Tran-Lam T.T., Nguyen T.Q., et al. Acrylamide in daily food in the metropolitan area of Hanoi, Vietnam // Food Additives & Contaminants: Part B. 2019. Vol. 12, N 3. P. 159–166. DOI: 10.1080/19393210.2019.1576774.

References

1. Novoselov SV, Mayurnikova LA, Isaeva NV. Application of a multidimensional cognitive model for designing a new bakery product in conditions of scientific and innovative activity. *Polzunovskiy vestnik*. 2025;1:142-149. (In Russ.). DOI: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.01.017. EDN: EYGXBX.
2. Ramazanov IA, Nikolaeva MA, Ramazanov SA. A study of food consumption traditions in the context of the changes taking place in the global marketing environment. *Agrarian science*. 2025;5:148-157. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2025-394-05-148-157. EDN: KIKUYA.
3. Vasiliev AS, Chumakova EN, Kudlasevitch IA. Whole-grain wheat bread with lingonberry pomace powder. *Bulletin of KSAU*. 2025;3:211-218. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-211-218. EDN: ELYXAG.
4. Zhuravlev AA, Lukina SI, Ponomareva EI, et al. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value. *Foods and Raw Materials*. 2017;5(1):73-80. (In Russ.). DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-73-80. EDN: ZEDOAX.
5. Kostyuchenko MN, Martirosyan VV, Kosovan AP, et al. Holistic approach to the range of bakery products: a healthy and sustainable choice. *Problems of nutrition*. 2023;92(5):242. (In Russ.). DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-5s-301. EDN: LBLCOI.
6. Rodionova NS, Popov ES, Matveev DI, et al. Evaluation of the mineral composition of functional flour products. *Food Industry*. 2019;12:76-80. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10191. EDN: WJHPIS.
7. Lukina SI, Ponomareva EI, Pavlovskaya SM, et al. Development of the formulation of enriched crackers with non-traditional types of raw materials. *Khleboproducty*. 2021;4:48-50. (In Russ.). DOI: 10.32462/0235-2508-2021-30-4-48-50. EDN: NAHRLB.
8. Cappelli A, Carlesi F, Paganoni C, et al. Assessing the effects of flour particle size distribution to improve dough rheological properties and whole wheat rusks characteristics: a case study on industrial pilot plant. *Journal of Cereal Science*. 2025;122:104119. DOI: 10.1016/j.jcs.2025.104119. EDN: WAJPIW.
9. Rafique HS, Hussain A, Nadeem M, et al. Impact of different proportions of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour on physical, chemical and sensory parameters of straight grade flour-based cake rusk. *Food and Humanity*. 2023;1:1282-1296. DOI: 10.1016/j.fooHum.2023.09.024. EDN: YLLNVF.
10. Vasiliev AS, Chumakova EN, Farinyuk YuT. The formation of wheat bread quality indicators by adding jerusalem artichoke powder. *The Bulletin of KSAU*. 2019;5:174-181. (In Russ.). EDN: EDDKAT.
11. Sapozhnikov AN, Kopylova AV, Nasedkin MA. Current ways to increase the nutritional and biological value of bakery products. *Vestnik of the Bashkir SAU*. 2023;3(67):123-134. (In Russ.). DOI: 10.31563/1684-7628-2023-67-3-123-134. EDN: TQFNQE.
12. Aldoshin NV, Vasiliev AS, Kudryavtsev AV, et al. Shredder for secondary fruit and berry raw materials. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(3):4-14. (In Russ.). DOI: 10.26897/2687-1149-2025-3-4-14. EDN: CWRSSH.
13. Ermosh LG, Prisuhina NV, Fadeev KA. Use of juice production waste for recipe composition of berry-vegetable chips. *The Bulletin of KSAU*. 2021;6:163-169. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-163-169. EDN: LLJEJM.
14. Skurikhin IM, Tutelyan VA. Tables of chemical composition and caloric content of Russian food products. Moscow: Delhi Print LLC, 2007. 275 p. (In Russ.). EDN: QNGUUT.

15. Zverev SV, Minevich IE, Vasiliev AS, et al. Rapeseed seed collapse products: separation and quality assessment. *Agrarian science*. 2025; 07:164-171. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-164-171. EDN: GGKFJP.
16. Koneva SI, Egorova EYu, Kozubaeva LA, et al. The effect of flaxseed flour on the rheological properties of dough made of flaxseed and wheat flour and bread quality. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):85-96. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2019-1-85-96. EDN: XDQQVX.
17. Mer P, Awasthi P, Shahi NCh. Development, quality evaluation, and numerical optimization of process parameters of water chestnut (*Trapa natans*) flour incorporated rusk. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022;46(11). DOI: 10.1111/jfpp.16981. EDN: HYPJRN.
18. Pavlicevic M, Vucinic D, Stosic M, et al. Digestibility, starch morphology, and nutritive value of rusks made from wheat flour with the addition of proso. *Cereal Chemistry*. 2023;100(6):1326-1335. DOI: 10.1002/cche.10714. EDN: BKMBHO.
19. Parakhina OI, Savkina OA, Kuznetsova LI, et al. Prospects for the use of raw materials of plant origin to extend the shelf life of bakery products. *Khleboproducty*. 2024;7:26-35. (In Russ.). DOI: 10.32462/0235-2508-2024-33-7-26-35. EDN: FHPIYR.
20. Ermolaeva EO, Trofimova NB, Astakhova NV, et al. Justification for the choice of packaging to increase the shelf life and ensure the quality of bread made from a mixture of rye and wheat flour. *Food Industry*. 2020;7:53-59. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10077. EDN: RVXQRB.
21. Bravi E, Sileoni V, Perretti G, et al. Accelerated shelf-life model of gluten-free rusks by using oxidation indices. *Food Chemistry*. 2020;326:126971. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126971. EDN: NOXPVT.
22. Miśkiewicz K, Rosicka-Kaczmarek Ju, Kowalska G, et al. Effect of oat fiber preparations with different contents of β -glucan on the formation of acrylamide in dietary bread (rusks). *Molecules*. 2024;29(2):306. DOI: 10.3390/molecules29020306. EDN: RBKIDB.
23. Kuzmina SS, Kozubaeva LA. Prescription and technological solutions during production gluten-free bakery products. *Polzunovskiy vestnik*. 2024;2:140-147. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.018. EDN: RMDAHC.
24. Ivanova NG, Zabalueva YuYu, Dubrovskaya MO. Bakery technology for preventing coronary heart disease. *ESSUTM Bulletin*. 2025;2:6-14. (In Russ.). DOI: 10.53980/24131997_2025_2_6. EDN: GOOYPP.
25. Uschapovskii VI, Goncharova AA, Minevich IE. Adding flax flour method influence on the bakery products properties. *Bulletin of KSAU*. 2022;(11):183-191. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-183-191. EDN: RJHBFQ.
26. Kotelnikova MN, Asadova MG, Suslo DV, et al. Production of rusks using improvers. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex-healthy food products*. 2025;2:25-28. (In Russ.). DOI: 10.24412/2311-6447-2025-2-25-28. EDN: PCFEXC.
27. Punia S, Sandhu KS, Kaur M. Quantification of phenolic acids and antioxidant potential of wheat rusks as influenced by partial replacement with barley flour. *Journal of Food Science and Technology*. 2020;57(10):3782-3791. DOI: 10.1007/s13197-020-04410-9. EDN: ZEINNA.
28. Ramashia ShE, Sikihipha RC, Olamiti G, et al. Nutritional, antioxidant and structural properties of rusk developed from wheat-bambara groundnut (*Vigna subterranean*) flour. *Legume Science*. 2024;6(4). DOI: 10.1002/leg3.70015. EDN: LJFMMM.
29. Bakin IA, Egushova EA, Reznichenko IYu. Rational use of food waste in dietary bread technology. *Food Industry*. 2023;1:45-49. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2023.1.1.010. EDN: VGNMMO.
30. Reznichenko IYu. Use of food additives and issues of their regulation in chips. *Polzunovskiy vestnik*. 2023;3:76-82. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.010. EDN: VQHPIA.
31. Goncharova JuK, Kharitonov EM, Vereshchagina SA, et al. Rice flour as a functional food. *Rice growing*. 2022;2:51-56. (In Russ.). DOI: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-51-56. EDN: OADRVS.
32. Hai YD, Tran-Lam TT, Nguyen TQ, et al. Acrylamide in daily food in the metropolitan area of Hanoi, Vietnam. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2019;12(3):159-166. DOI: 10.1080/19393210.2019.1576774.

Информация об авторах:

Александр Сергеевич Васильев, заведующий кафедрой агробiotехнологий, перерабатывающих производств и семеноводства, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Елена Николаевна Чумакова, доцент кафедры агробiotехнологий, перерабатывающих производств и семеноводства, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сергей Васильевич Зверев, профессор кафедры агробiotехнологий, перерабатывающих производств и семеноводства, доктор технических наук, профессор

Information about the authors:

Alexander Sergeevich Vasiliev, Head of the Department of Agrobiotechnology, Processing Industries, and Seed Production, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Elena Nikolaevna Chumakova, Associate Professor at the Department of Agrobiotechnology, Processing Industries, and Seed Production, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Sergey Vasilyevich Zverev, Professor at the Department of Agrobiotechnology, Processing Industries, and Seed Production, Doctor of Technical Sciences, Professor

