

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ХЛЕБА, ОБОГАЩЕННОГО КОНЦЕНТРАТОМ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ ВТОРИЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**О.В. Зинина**, [zininaov@susu.ru](mailto:zininaov@susu.ru)

**В.Н. Кузнецов**, [kusnezov.vova@mail.ru](mailto:kusnezov.vova@mail.ru)

**С.А. Сереброва**, [serebrova.svet@yandex.ru](mailto:serebrova.svet@yandex.ru)

**А.Д. Брызгалова**, [annabryz2002@gmail.com](mailto:annabryz2002@gmail.com)

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

**Аннотация.** Целью работы является разработка рецептуры хлеба «Матнакаш», обогащенного концентратом пищевых волокон, полученных ферментацией яблочного жмыха. Объектами исследования являются концентрат пищевых волокон, полученный ферментацией яблочного жмыха закваской Вегаферм, и хлеб «Матнакаш», обогащенный пищевыми волокнами. Рецептуру хлеба оптимизировали в приложении «Поиск решения» программы Excel для получения в продукте заданного количества пищевых волокон – 30 % от суточной нормы потребления в соответствии с МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». После ферментации яблочного жмыха, фильтрования и высушивания нерастворимого остатка получали концентрат пищевых волокон, в котором определяли физико-химические показатели: массовую долю белка, жира, влаги и пищевых волокон, содержание которых составило 3,6; 0,5; 10,0 и 60 % соответственно. Полученные данные использовали при моделировании рецептур хлеба, по результатам которого выбраны 3 наиболее отличающиеся рецептуры, но при этом удовлетворяющие установленным требованиям. Контрольный образец изготавливали по рецептуре хлеба «Матнакаш», включающей в состав муку обойную, муку 1-го сорта, растительное масло, дрожжи, соль. По полученным рецептурам изготовлены опытные образцы хлеба, в которых определены органолептические (вкус, запах, форма изделия, цвет, состояние мякиша) и физико-химические показатели (влажность, кислотность и пористость мякиша). Результаты исследований показали, что изучаемые объекты соответствовали требованиям ГОСТ 31805-2018. В работе приведены технологические схемы получения концентрата пищевых волокон и хлеба «Матнакаш», обогащенного пищевыми волокнами. В результате работы получены рецептуры хлеба «Матнакаш» с высоким содержанием пищевых волокон, а изготовленные по этим рецептурам изделия удовлетворяли требованиям нормативной документации. Таким образом, яблочный жмых целесообразно использовать в хлебобулочных изделиях как источник пищевых волокон.

**Ключевые слова:** ферментация, яблочный жмых, хлеб, моделирование, обогащенный продукт, пищевые волокна

**Для цитирования:** Разработка рецептуры хлеба, обогащенного концентратом пищевых волокон из вторичного растительного сырья / О.В. Зинина, В.Н. Кузнецов, С.А. Сереброва, А.Д. Брызгалова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 4. С. 57–67. DOI: 10.14529/food220406

Original article  
DOI: 10.14529/food220406

## DEVELOPMENT OF THE FORMULA OF BREAD ENRICHED WITH A CONCENTRATE OF DIETARY FIBER FROM PLANT BY-PRODUCT

**O.V. Zinina**, *zininaov@susu.ru*  
**V.N. Kuznetsov**, *kusnezov.vova@mail.ru*  
**S.A. Serebrova**, *serebrova.svet@yandex.ru*  
**A.D. Bryzgalova**, *annabryz2002@gmail.com*  
*South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

**Abstract.** The aim of the research is to develop a recipe for bread “Matnakash” enriched with dietary fiber concentrate obtained by fermentation of apple pomace. The objects of research are the dietary fiber concentrate obtained by the fermentation of apple pomace with the Vegaferm, and the Matnakash bread enriched with dietary fibers. The bread recipe was optimized in the “Search for a Solution” application of the Excel program to obtain a given amount of dietary fiber in the product – 30 % of the daily intake in accordance with MP 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation”. After fermentation of apple pomace, filtering and drying the insoluble residue, a dietary fiber concentrate was obtained, in which physicochemical parameters were determined: the mass fraction of protein, fat, moisture and dietary fiber, the content of which was 3.6, 0.5, 10.0 and 60 % respectively. The obtained data was used in the modeling of bread recipes, according to the results of which the 3 most different recipes were selected, but at the same time satisfying the established requirements. The control sample was made according to the recipe of bread “Matnakash”, including wholemeal flour, flour of the 1st grade, vegetable oil, yeast, salt. According to the obtained recipes, prototype bread samples were made, in which organoleptic (taste, smell, product shape, color, crumb state) and physico-chemical indicators (humidity, acidity and porosity of the crumb) were determined. The results of the research showed that the objects under study met the requirements of GOST 31805-2018. The paper presents technological schemes for obtaining a concentrate of dietary fiber and bread “Matnakash” enriched with dietary fiber. As a result of the work, recipes for bread “Matnakash” with a high content of dietary fiber were obtained, and the products made according to these recipes met the requirements of regulatory documentation. Thus, it is advisable to use apple pomace in bakery products as a source of dietary fiber.

**Keywords:** fermentation, apple pomace, bread, modeling, enriched product, dietary fiber

**For citation:** Zinina O.V., Kuznetsov V.N., Serebrova S.A., Bryzgalova A.D. Development of the formula of bread enriched with a concentrate of dietary fiber from plant by-product. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 57–67. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220406

### Актуальность исследований

Использование пищевых волокон в пищевой промышленности постоянно расширяется и охватывает все новые отрасли. К продуктам, обогащаемым пищевыми волокнами, относятся прежде всего хлебобулочные, макаронные, кулинарные и кондитерские изделия, напитки, десерты и закуски [1, 2].

К группе хлебобулочных изделий с повышенным содержанием пищевых волокон можно отнести хлеб барвихинский, хлеб зерновой, хлеб ржано-пшеничный «Знатный», хлебцы докторские, хлебобулочные изделия из муки высшего сорта с пшеничными отру-

бьями и др. [3, 4]. В качестве сырья-источника пищевых волокон в рецептуры включаются злаковые культуры, продукты их переработки, а также препараты пищевых волокон: ржаные и пшеничные отруби, сушеные овощи и фрукты, крупка пшеничная дробленая, пшеничные зародышевые хлопья, метилцеллюлоза [5–9].

В пищевой промышленности довольно широкий спектр исходного возобновляемого сырья, применяемые технологии обработки которого позволяют получить фракции пищевых волокон с разной концентрацией растворимой и нерастворимой клетчатки.

Технологическая роль пищевых волокон в производстве хлебобулочных изделий следующая:

– ингредиенты с большей полимеризацией пищевых волокон обладают в тесте большей водопоглотительной способностью [10];

– ингредиенты, которые содержат большое количество нерастворимых пищевых волокон, проявляют в тесте свойство загустителя [11];

– при возрастании массовой доли клетчатки в составе комплекса пищевых волокон объем хлеба и характеристика качества мякиша могут снижаться, когда не учитывается водопоглотительная способность вносимых ингредиентов [12];

– при достаточном количестве внесения пищевых волокон заметен высокий объемный выход и упругий мякиш с равномерной пористостью [13].

Яблочный жмых является побочным, готовым к употреблению пищевым продуктом, остающимся после механической обработки сырья при изготовлении яблочного сока [14, 15]. Необходимо учитывать, что из 1 кг яблок получается в среднем 40 % сока и 60 % жмыха. С экономической точки зрения использование жмыха вполне оправдано. Введение яблочного жмыха в состав обогащенных продуктов питания может быть обусловлено не только высоким содержанием пектина и других пищевых волокон, но и витаминов, минеральных веществ. В целом данный пищевой ингредиент является ценным компонентом продуктов питания, направленных на улучшение состояния и функционирования отдельных органов и систем в организме человека [16].

Отличительной особенностью яблочного жмыха является высокое содержание пищевых волокон в виде пектина, являющегося природным энтеросорбентом, который связывает и выводит продукты неполного переваривания в организме человека. Пектин способствует связыванию в ЖКТ тяжелых металлов, выведению из организма холестерина, заживлению ран и нормализации перистальтики кишечника. Пищевые волокна замедляют всасывание сахара после приема пищи, что позволяет организму вырабатывать меньше инсулина [17, 18]. В состав яблочного пектина входят дисахариды, органические кислоты, зола, вода, а самым важным витамином является ниациновый эквивалент РР. Минеральные компоненты

представлены фосфором, калием, железом, магнием и кальцием [19, 20].

Таким образом, рациональное использование вторичного растительного сырья, получаемого при переработке фруктов и овощей, является обоснованным подходом к ресурсосбережению и получению обогащенных продуктов питания. Жмыхи, шроты и очистки отличаются высоким содержанием важных нутриентов и биологически активных веществ.

**Целью работы** является разработка рецептуры хлеба «Матнакаш», обогащенного концентратом пищевых волокон, полученным ферментацией яблочного жмыха.

#### **Материалы и методы**

##### *Сырье и материалы*

Объектами исследований в данной работе являлись:

1) концентрат пищевых волокон, полученный ферментацией яблочного жмыха;

2) образцы хлебобулочных изделий с внесением пищевых волокон из яблочного жмыха.

В качестве исходной рецептуры принята рецептура хлеба «Матнакаш», включающая в состав муку обойную, муку 1-го сорта, растительное масло, дрожжи, соль.

##### *Технология получения концентрата пищевых волокон*

Для получения концентрата пищевых волокон (ПВ) проведена биотехнологическая обработка яблочного жмыха закваской Вегаферм (Бакздрав, РФ). В состав закваски входят следующие микроорганизмы: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. mesenteroides*, *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus paracasei ssp. paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*.

Готовый пищевой ингредиент имеет светло-коричневый цвет, рассыпчатую структуру, приятный запах.

На рис. 1 представлена технологическая схема получения концентрата пищевых волокон.

Химический состав концентрата пищевых волокон определяли по стандартным методикам: содержание белка определяли методом Кьельдаля, (ГОСТ 10846-91), содержание жира – методом Сокслетта (ГОСТ 29033-91), пищевые волокна – ферментативно-грави-

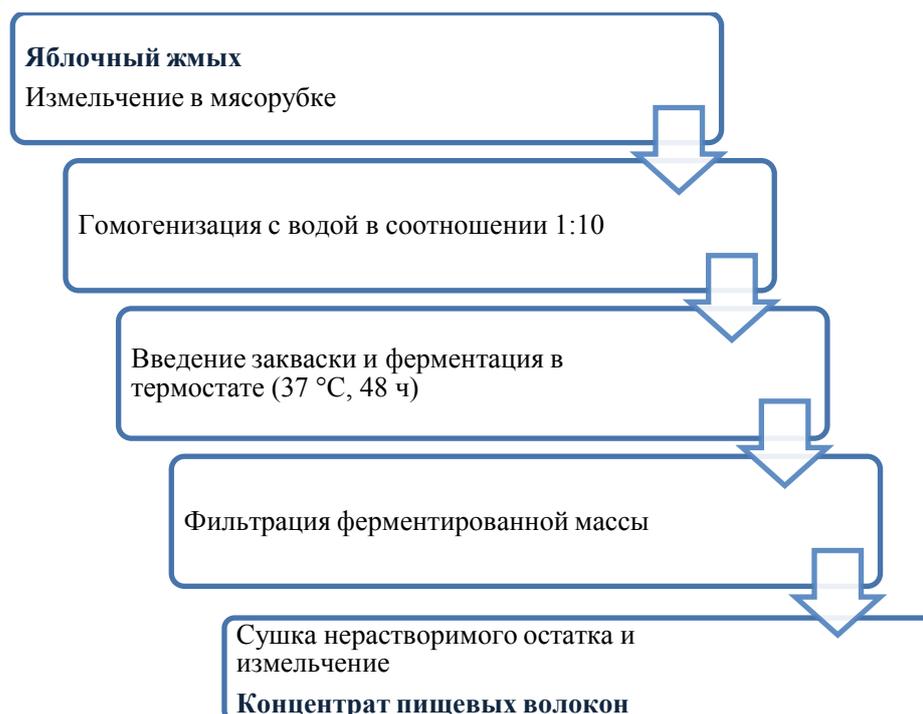


Рис. 1. Технологическая схема получения концентрата пищевых волокон

метрическим методом (ГОСТ Р 54014-2010), влажность – высушиванием при температуре 130 °C (ускоренный метод).

*Моделирование рецептур опытных образцов хлеба*

Рецептуры опытных образцов хлеба моделировали с использованием надстройки «Поиск решения» программы Excel. В качестве функции цели выбрано содержание пищевых волокон, которое обозначено на уровне 30 % от суточной нормы потребления (6 г в 100 г продукта) в соответствии с Методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.). При таком содержании пищевых волокон в продукте можно его отнести по классификации в соответствии с ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» к продуктам «с повышенным содержанием пищевых волокон».

*Изготовление и исследование опытных образцов хлеба*

Процесс изготовления образцов хлеба со-

стоит из нескольких этапов (рис. 2): подготовка сырья, приготовление теста, формование изделий, расстойка и выпечка.

Подготовка сырья включает просеивание муки, очистку (фильтрование) и подогрев воды, подготовку дрожжей. На этом же этапе происходило дозирование ингредиентов: муки, воды, дрожжей, специй и добавок (соль, сахар, клейковина и др. улучшители). Концентрат пищевых волокон добавляется в процессе смешивания компонентов. Замес теста осуществляется на тестомесильной машине. Продолжительность замеса 5–10 минут, влажность теста 49 %. Брожение проводится с целью получения теста с оптимальными органолептическими и реологическими свойствами. Для безопасного способа получения теста брожение составляет 60–90 минут. Расстойку осуществляют с целью приведения тестовой заготовки в состояние, оптимальное для выпечки хлеба. Оптимальная температура в расстойных шкафах составляет 35–40 °C и относительной влажностью воздуха 80–85 %, продолжительность расстойки от 20 до 120 мин. Формование изделий проводится вручную. Выпечка осуществляется в хлебопекарных печах в течение 20–50 мин при температуре 180–220 °C.



Рис. 2. Технологическая схема изготовления образцов хлеба

В готовых хлебобулочных изделиях определяют органолептические (внешний вид и консистенция, вкус и запах, цвет) и физико-химические показатели (кислотность, влажность, пористость).

Определение кислотности в хлебобулочных изделиях проводили по ГОСТ-5670-96, влажности – по ГОСТ 21094-75, пористости – по ГОСТ 5669-96.

#### Результаты исследований и обсуждение

Результаты определения качественных показателей концентрата пищевых волокон приведены в табл. 1.

Полученные результаты использовали при составлении банка данных для моделирования рецептуры хлеба (табл. 2) и балансовых уравнений (табл. 3).

На рис. 3 приведен пример листа моделирования в программе Excel.

При запуске надстройки «Поиск решения» программа выдала несколько рецептов, удовлетворяющих введенным требованиям, из которых нами выбраны 3 (табл. 4). Для этих рецептов рассчитано содержание белков, жиров, углеводов, пищевых волокон и энергетическая ценность 100 г продукта (табл. 5).

Таким образом, при помощи математического моделирования получены три рецептуры хлеба, употребление которого в количестве 100 г в сутки покрывает 30% от рекомендуемой суточной нормы потребления пищевых волокон.

Таблица 1  
Показатели качества концентрата пищевых волокон

Наименование показателя	Значение показателя, %
Массовая доля влаги	10,0 ± 0,04
Массовая доля белка	3,6 ± 0,01
Массовая доля жира	0,5 ± 0,01
Массовая доля пищевых волокон	60,0 ± 0,02

Результаты оценки органолептических и физико-химических свойств хлебобулочных изделий (табл. 6) показали, что они соответствуют требованиям ГОСТ 31805-2018. Значение кислотности мякиша в опытных образцах оказалось ниже, чем у контрольного образца, так же как и пористость, что говорит о том,

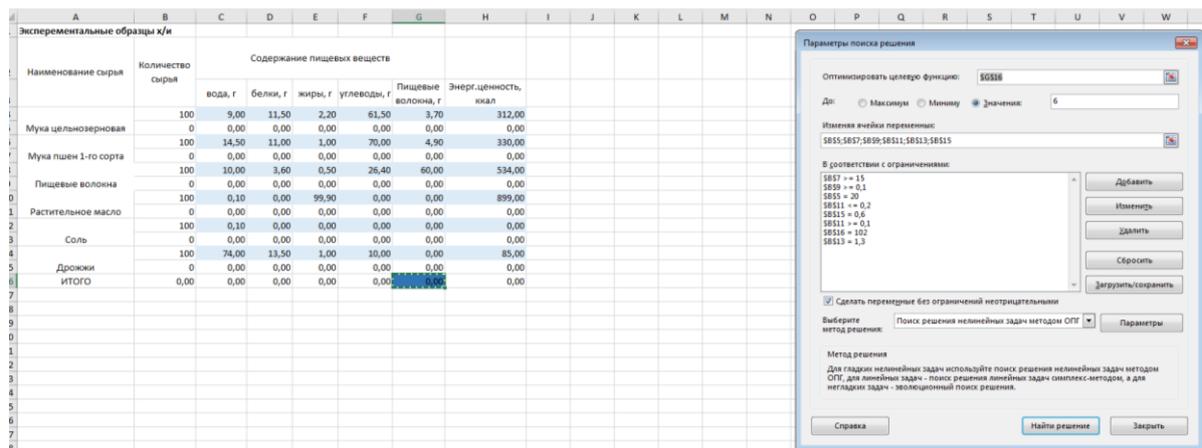


Рис. 3. Пример моделирования рецептуры образца хлебобулочного изделия с внесением концентрата пищевых волокон

Банк данных для проведения моделирования рецептуры хлеба

Таблица 2

Компонент рецептуры	Содержание				Энергетическая ценность, ккал
	белка, %	жира, %	углеводов, %	пищевых волокон, %	
Мука 1-го сорта	11,0	1,0	70,0	4,9	330
Мука обойная	11,5	2,2	61,50	3,7	320
Концентрат ПВ	3,6	0,5	86,4	60,0	534
Растительное масло	0	99,9	0	0	899
Соль	0	0	0	0	0
Дрожжи	13,5	1	10	0	85
ИТОГО	10,91	1,48	66,08	6	332,68

Балансовые уравнения

Таблица 3

Балансовый показатель	Уравнения и ограничения
Содержание белка	$11,0 \cdot X_1 + 11,5 \cdot X_2 + 3,6 \cdot X_3 + 13,5 \cdot X_6$
Содержание жира	$1,0 \cdot X_1 + 2,2 \cdot X_2 + 0,5 \cdot X_3 + 99,9 \cdot X_4 + 1 \cdot X_7$
Содержание углеводов	$70,0 \cdot X_1 + 61,5 \cdot X_2 + 86,4 \cdot X_3 + 10 \cdot X_6$
Содержание пищевых волокон (функция цели)	$4,9 \cdot X_1 + 3,7 \cdot X_2 + 60 \cdot X_3 = 6$
Единица продукта	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 1$
Энергетическая ценность	$330 \cdot X_1 + 320 \cdot X_2 + 534 \cdot X_3 + 899 \cdot X_4 + 85 \cdot X_6$

Таблица 4

Рецептуры хлебобулочных изделий с внесением концентрата пищевых волокон

Компонент рецептуры	Содержание, кг на 100 кг сырья		
	рецептура 1	рецептура 2	рецептура 3
Мука обойная	20,00	25,00	30,00
Мука 1-го сорта	77,45	72,35	67,24
Концентрат ПВ	2,44	2,54	2,65
Растительное масло	0,2	0,2	0,2
Соль	1,3	1,3	1,3
Дрожжи	0,6	0,6	0,6

Таблица 5

Расчетные показатели качества рецептур хлебобулочных изделий с внесением концентрата пищевых волокон

Показатели	Содержание в 100 г продукта		
	рецептура 1	рецептура 2	рецептура 3
Белки, г	10,99	11,01	11,02
Жиры, г	1,43	1,49	1,55
Углеводы, г	67,23	66,75	66,28
Пищевые волокна, г	6,00	6,00	6,00
Энергетическая ценность, ккал	333,36	332,68	332,00

Таблица 6

Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий

Наименование показателя	Значение показателя				
	по ГОСТ 31805-2018	Контр. образец	Опытные образцы		
			№ 1	№ 2	№ 3
Влажность мякиша, %	19,0–52,0	45,0	38,0	37,0	36,0
Кислотность мякиша, град., не более	8,0	3,0	1,7	1,7	2,3
Пористость мякиша, %, не менее	54,0	68,0	58,0	58,0	59,0

что содержащиеся в концентрате пищевые волокна являются нерастворимыми и не влияют на рост микроорганизмов. В связи с этим, пористость не развивается так активно, как в опытном образце. Вкус и запах у опытных образцов хлебобулочных изделий выраженные, свойственные вкусу и запаху, сфор-

мированным в процессе выпечки, без посторонних привкуса и запаха, с легким яблочным запахом. Форма круглая, поверхность без повреждений краев. Цвет равномерный темно-желтый. Мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса, с развитой пористостью (рис. 4).

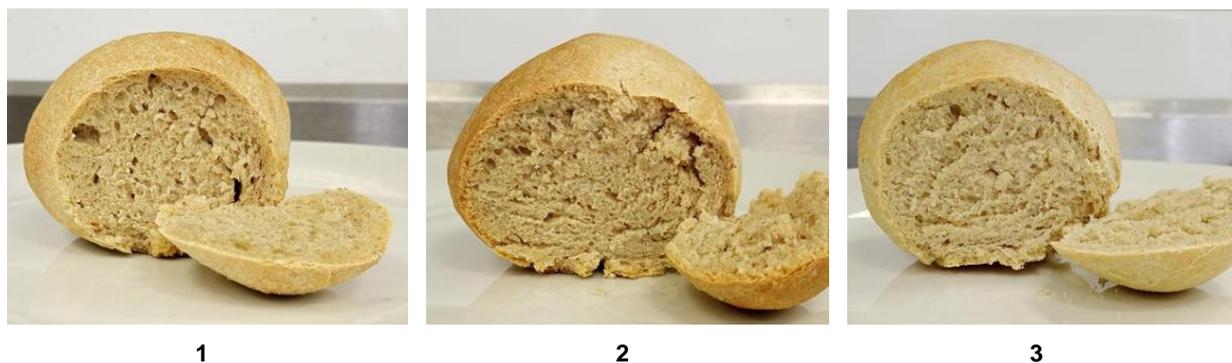


Рис. 4. Внешний вид опытных образцов хлебобулочных изделий, изготовленных по рецептурам № 1, 2 и 3 соответственно

Таким образом, результаты работы показали возможность рационального использования яблочного жмыха в получении концен-

трата пищевых волокон, который можно успешно использовать для обогащения хлебобулочных изделий.

#### Список литературы

1. Тюрина Л.Е., Табаков Н.А. Технология производства функциональных мясных продуктов. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т. 2011. 102 с.
2. Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами / Е.А. Скорбина, О.В. Сычева, И.А. Трубина, Е.О. Ежова // Пищевая индустрия. 2021. № 1 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obogaschenie-hlebobulochnyh-izdeliy-pishevymi-voлокнами> (дата обращения: 03.04.2022).
3. Шахрай, Т.А., Воробьева О.В., Викторова Е.П. Основные тенденции развития рынка функциональных хлебобулочных изделий // Новые технологии. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-tendentsii-razvitiya-rynka-funktsionalnyh-hlebobulochnyh-izdeliy> (дата обращения: 07.04.2022).
4. Лаптева Н.К., Митькиных Л.В. Хлеб ржано-пшеничный «Знатный»: пищевая ценность // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 3. С. 293–300. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.293-300
5. Enrichment of wheat bread with dietary fiber / М.Р. Bayisbaeva, Z.N. Moldakulova, S.T. Dairasheva et al. // Вестник Алматинского технологического университета. 2020. № 1. С. 39–44.
6. Куценкова В.С., Неповинных Н.В. Совершенствование технологии и потребительских свойств диетического профилактического хлебобулочного изделия с применением пищевой добавки из семян сафлора // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2020. № 2. С. 21–28.
7. Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Калинина И.В. Интенсификация процесса проращивания зерна, используемого для производства хлеба, и его влияние на качество готовых изделий // Индустрия питания. 2019. Т. 4, № 1. С. 47–54. DOI: 10.29141/2500-1922-2019-4-1-5
8. Разработка сбивного хлеба функционального назначения из муки цельнозернового зерна пшеницы, ржаных и пшеничных отрубей / Г.О. Магомедов, Н.П. Зацепилина, А.А. Журавлев, В.Л. Чешинский // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4 (66). С. 104–108.
9. Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами / Е.А. Скорбина, О.В. Сычева, И.А. Трубина, Е.О. Ежова // Пищевая индустрия. 2021. № 1 (45). С. 30–32.
10. Игрянова Н.А., Мелешкина Е.П. Пищевые волокна из побочных продуктов переработки и их влияние на качество хлеба // Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов: сборник материалов 13-й Всероссийской научно-практической конференции (06–10 июня 2016 г., г. Анапа). Анапа, 2016. С. 45–49.

11. Технологические свойства пищевых ингредиентов содержащих нерастворимые пищевые волокна из побочных продуктов переработки пшеницы и овса / Н.А. Игорянова, С.Н. Коломиец, А.И. Коваль, Е.В. Кириллова // Импортзамещение продуктов глубокой переработки зерна и картофеля: труды Междунар. научно-практ. конф., 24 декабря 2014 г. М.: ФГБНУ ВНИИК, 2014. С. 87–90.
12. Игорянова Н.А., Мелешкина Е.П., Яицких А.В. Ингредиенты с пищевыми волокнами из вторичных продуктов переработки зерна со свойствами стабилизаторов пищевых систем // Хлебопродукты. 2018. № 5. С. 42–44.
13. Игорянова Н.А., Мелешкина Е.П., Сокол Е.Н. Пищевые волокна из побочных продуктов переработки овса и их влияние на качество хлеба // Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2010. С. 108–109.
14. Apple Pomace as a Functional and Healthy Ingredient in Food Products: A Review / F. Lyu, S.F. Luiz, D.R.P. Azeredo et al. // Processes. 2020. 8(3). 319. DOI: 10.3390/pr8030319
15. Shafiee M.N. Apple Pomace: By product Utilisation // IJRAR- International Journal of Research and Analytical Reviews. 2017. Vol. 4. Issue 4. P. 190–192.
16. A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace / R.C. Skinner, J.C. Gigliotti, K.-M. Ku, J.C. Tou // Nutrition Reviews. 2018. Vol. 76. Issue 12. P. 893–909. DOI: 10.1093/nutrit/nuy033
17. Смирнова Е.Н. Влияние пищевых волокон на организм человека // Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». 2022. № 9–1. С. 388–392.
18. Effects of dietary fiber on human health: a review / S.P. Merenkova, O.V. Zinina, M. Stuart et al. // Человек. Спорт. Медицина. 2020. Т. 20, № 1. С. 106–113. DOI: 10.14529/hsm200113
19. Apple pomace as a sustainable substrate in sourdough fermentation / G.A. Mart'au, T.B. Eموke, F. Ranga et al. // Frontiers in Microbiology. 2021. № 3850. DOI: 10.3389/fmicb.2021.742020
20. Apple pomaces derived from mono-varietal Asturian ciders production are potential source of pectins with appealing functional properties / I. Calvete-Torre, N. Muñoz-Almagro, M.T. Pacheco et al. // Carbohydrate Polymers. 2021. Vol. 264. Article 117980. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.117980

### References

1. Tyurina L.E., Tabakov N.A. Technology for the production of functional meat products [Tekhnologiya proizvodstva funktsional'nykh myasnykh produktov]. Krasnoyarsk, 2011. 102 p.
2. Skorbina E.A., Sycheva O.V., Trubina I.A., Ezhova E.O. Enrichment of bakery products with dietary fiber. *Food Industry*, 2021, no. 1(45). (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obogashenie-hlebobulochnyh-izdeliy-pishevymi-voлокнами> (date of access: 03.04.2022).
3. Shakhrai T.A., Vorobieva O.V., Viktorova E.P. The main trends in the development of the market of functional bakery products. *New technologies*, 2021, no. 3. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-tendentsii-razvitiya-rynka-funktsionalnyh-hlebobulochnyh-izdeliy> (date of access: 07.04.2022).
4. Lapteva, N.K. Rye-wheat bread “Znatnyy”: nutritional value. *Agricultural Science of the Euro-North-East*, 2020, vol. 21, Issue 3, pp. 293–300. (In Russ.) DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.293-300
5. Bayisbaeva M.P., Moldakulova Z.N., Dairasheva S.T., Rahimberdieva F.A., Sotnikova V. Enrichment of wheat bread with dietary fiber. *Bulletin of Almaty Technological University*, 2020, vol. 1, pp. 39–44.
6. Kutsenkova V.S., Nepovinnikh N.V. Improving the technology and consumer properties of a dietary preventive bakery product using a food additive from safflower seeds. *Fundamentals and Perspectives of Organic Biotechnologies*, 2020, vol. 2, pp. 21–28. (In Russ.)
7. Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Kalinina I.V. Intensification of the grain germination process used for bread production and its impact on the quality of finished products. *Food Industry*, 2019, vol. 4, Issue 1, pp. 47–54. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2019-4-1-5

8. Magomedov G.O., Zatsepilina N.P., Zhuravlev A.A., Cheshinskiy V.L. Development of whipped bread of functional purpose from flour of whole grain wheat, rye and wheat bran. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2015, vol. 4 (66), pp. 104–108. (In Russ.)
9. Skorbina E.A., Sycheva O.V., Trubina I.A., Yezhov E.O. Enrichment of bakery products with food fibers. *Food Industry*, 2021, vol. 1 (45), pp. 30–32. (In Russ.)
10. Igoryanova N.A., Meleshkina E.P. Dietary fibers from by-products of processing and their impact on the quality of bread. *Sovremennye metody, sredstva i normativy v oblasti otsenki kachestva zerna i zernoproductov: Sbornik materialov 13-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern methods, tools and standards in the field of assessing the quality of grain and grain products: Collection of materials of the 13th All-Russian Scientific and Practical Conference]. Anapa, 2016, pp. 45–49. (In Russ.)
11. Igoryanova N.A., Kolomiets S.N., Koval A.I., Kirillova E.V. Technological properties of food ingredients containing insoluble dietary fiber from by-products of wheat and oat processing. *Importozameshchenie produktov glubokoy pererabotki zerna i kartofelya: Trudy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf* [Import substitution of products of deep processing of grain and potatoes: Proceedings of the Intern. scientific and practical. conf.]. Moscow, 2014, pp. 87–90. (In Russ.)
12. Igoryanova N.A., Meleshkina E.P., Yaitskikh A.V. Ingredients with dietary fiber from by-products of grain processing with the properties of food system stabilizers. *Bakery Products*, 2018, vol. 5, pp. 42–44. (In Russ.)
13. Igoryanova N.A., Meleshkina E.P., Sokol E.N. Dietary fibers from oat by-products and their impact on bread quality. *Printsiipy pishchevoy kombinatoriki – osnova modelirovaniya polikomponentnykh pishchevykh produktov. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The principles of food combinatorics are the basis for modeling multicomponent food products. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2010, pp. 108–109. (In Russ.)
14. Lyu F., Luiz S.F., Azeredo D.R.P., Cruz A.G., Ajlouni S., Ranadheera C.S. Apple Pomace as a Functional and Healthy Ingredient in Food Products: A Review. *Processes*. 2020, vol. 8(3), pp. 319. DOI: 10.3390/pr8030319
15. Shafiee M.N. Apple Pomace: By product Utilisation. *IJRAR – International Journal of Research and Analytical Reviews*, 2017, vol. 4, Issue 4, pp. 190–192.
16. Skinner R.C., Gigliotti J.C., Ku K.-M., Tou J.C. A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. *Nutrition Reviews*, 2018, vol. 76. Issue 12, pp. 893–909. DOI: 10.1093/nutrit/nuy033
17. Smirnova E.N. The effect of dietary fiber on the human body. *Research Center “Technical Innovations”*, 2022, vol. 9–1, pp. 388–392. (In Russ.)
18. Merenkova S.P., Zinina O.V., Stuart M., Okuskhanova E.K., Androsova N.V. Effects of dietary fiber on human health: a review. *Human. Sport. Medicine*. 2020, vol. 20, Issue 1, pp. 106–113. DOI: 10.14529/hsm200113
19. Mart ̃au G.A., Eموke T.B., Ranga F., Pop I.D., Vodnar D.C. Apple pomace as a sustainable substrate in sourdough fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 2021. Article no. 3850. DOI: 10.3389/fmicb.2021.742020
20. Calvete-Torre I., Mu ̃noz-Almagro N., Pacheco M.T., Ant ̃on M.J., Dapena E., Ruiz L., Margolles A., Villamiel M., Moreno F.J. Apple pomaces derived from mono-varietal Asturian ciders production are potential source of pectins with appealing functional properties. *Carbohydrate Polymers*, 2021, vol. 264. Article no. 117980. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.117980

#### **Информация об авторах**

**Зинина Оксана Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, zininaov@susu.ru

**Кузнецов Владимир Николаевич**, студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, kusnezov.vova@mail.ru

**Сереброва Светлана Алексеевна**, студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, serebrova.svet@yandex.ru

**Брызгалова Анна Дмитриевна**, студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, annabryz2002@gmail.com

***Information about the authors***

**Oksana V. Zinina**, candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, zininaov@susu.ru

**Vladimir N. Kuznetsov**, student, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, kusnezov.vova@mail.ru

**Svetlana A. Serebrova**, student, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, serebrova.svet@yandex.ru

**Anna D. Bryzgalova**, student, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, annabryz2002@gmail.com

***Статья поступила в редакцию 04.08.2022***

***The article was submitted 04.08.2022***