



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 664.764

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.004

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗЕРНОВЫХ ОТРУБЕЙ

Людмила Николаевна Крикунова¹, Елена Васильевна Дубинина²,
Максим Александрович Захаров³, Ирина Валерьевна Лазарева⁴

^{1,2,3,4} ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

¹ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7335-0453>

² elena-vd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8364-9539>

³ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4569-3088>

⁴ lazirka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9167-7441>

Аннотация. Зерновые отруби в соответствии с их биохимическим составом широко используются при производстве кормов и как пищевая добавка с высоким содержанием ценных нутриентов. Новые нетрадиционные направления использования зерновых отрубей позволят расширить ассортимент получаемых продуктов. Цель настоящей работы состояла в оценке перспектив применения зерновых отрубей в качестве дополнительного компонента в технологиях бродильных производств на основе изучения их минерального состава. В задачи исследования входило выявление зависимостей содержания отдельных катионов от вида отрубей и его гранулометрического состава, а также в определении степени их перехода в водорастворимые фракции. В качестве объектов исследования в работе использованы 19 образцов зерновых отрубей, полученных с предприятий Российской Федерации, и специально подготовленные водные фракции. Выявлена связь между гранулометрическим составом отрубей и содержанием в них золы независимо от исходного биохимического состава пшеницы и других видов зерновых культур (ржи, тритикале). Установлено, что в наибольших концентрациях во всех видах отрубей присутствует калий, концентрация кальция в отрубях крайне незначительна. Установлено, что концентрация фосфора в образцах отрубей из ржи в среднем в 1,5–2 раза выше, чем в пшеничных отрубях. Показано, что вид отрубей влияет на переход фосфора в растворимое состояние. Среднее значение доли перехода фосфора в жидкую фазу составляло для отрубей из пшеницы, тритикале и ржи соответственно 26,3 %, 23,7 % и 17,6 %. Выявленная зависимость связана с повышенным содержанием фитина отрубях из ржи. Рекомендовано при использовании зерновых отрубей в технологиях бродильных производств предварительно проводить их воднотепловую и ферментативную обработку в присутствии микробных фитаз, что позволит максимально перевести фитин сырья в растворимые формы фосфора.

Ключевые слова: зерновые отруби, зольность, гранулометрический состав, общее содержание катионов калия, кальция, магния, фосфора в золе, концентрация водорастворимых форм микроэлементов.

Для цитирования: К вопросу оценки минерального состава зерновых отрубей / Л. Н. Крикунова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 27–35. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.004.

Original article

TO THE QUESTION OF THE GRAIN BRAN MINERAL COMPOSITION EVALUATION

Ludmila N. Krikunova ¹, Elena V. Dubinina ²,
Maksim A. Zakharov ³, Irina V. Lazareva ⁴

^{1, 2, 3, 4} All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS

¹ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7335-0453>

² elena-vd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8364-9539>

³ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4569-3088>

⁴ lazirka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9167-7441>

Abstract. *In accordance with their biochemical composition, grain bran is widely used in the feed production and as a food supplement with a high content of valuable nutrients. New unconventional directions for using grain bran will expand the range of obtained products. The purpose of this work was to assess the prospects for the use of grain bran as an additional component in fermentation technologies based on their mineral composition study. The objectives of the study were to identify the dependences of the individual cations content on the bran type and its granulometric composition, as well as in determining the degree of their transition to water-soluble fractions. 19 samples of grain bran obtained from enterprises of the Russian Federation and specially prepared water fractions were used as objects of research. A relationship was revealed between the granulometric composition of the bran and the ash content in them, regardless of the initial biochemical composition of wheat and other grain crops types (rye, triticale). It has been established that potassium is present in the highest concentrations in all types of bran, the concentration of calcium in bran is extremely insignificant. It was found that the concentration of phosphorus in rye bran samples is on average 1.5-2 times higher than in wheat bran. It has been shown that the type of bran affects the transition of phosphorus to a soluble state. The average value of the fraction of the phosphorus transition to the liquid phase was for bran from wheat, triticale and rye, respectively, 26.3 %, 23.7 % and 17.6 %. The revealed dependence is associated with an increased content of phytin in rye bran. When using grain bran in fermentation technologies, it is recommended to preliminarily carry out their water-thermal and enzymatic treatment in the presence of microbial phytases, which will maximize the conversion of raw phytin into soluble phosphorus forms.*

Keywords: *grain bran, ash content, particle size distribution, total content of potassium cations, calcium, magnesium, phosphorus in ash, concentration of water-soluble microelements forms.*

For citation: Krikunova, L. N., Dubinina, E. V., Zakharov, M. A. & Lazareva, I. V. (2021). To the question of the grain bran mineral composition evaluation. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 27-35. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.004.

Ежегодно в нашей стране образуется около пяти миллионов тонн вторичных зерновых ресурсов, к которым относятся солома, лузга, шелуха, отруби. Значительная часть вторичных ресурсов зерновых культур сегодня не подвергается дальнейшей переработке, в то время как структура и особенности их химического состава позволяют данному сырью служить источником дополнительных ценных компонентов для различных отраслей пищевой промышленности. Зерновые отруби являются одним из продуктов переработки зерна в мукомольном производстве. Их вы-

ход в процентах от массы зернового сырья определяется рядом факторов. К первому фактору относятся вид зерна и его биохимический состав. Классическими культурами, перерабатываемыми на предприятиях мукомольно-крупяного производства, являются пшеница и рожь, реже тритикале – гибрид пшеницы и ржи. Причём данные виды зерна используются как для выработки хлебопекарной муки, так и муки макаронного назначения. В последнем случае применяется пшеница твёрдых сортов, либо мягких сортов с высокой стекловидностью. Биохимический состав

пшеницы, ржи, тритикале в зависимости от вида зерна, сорта, природно-климатических условий произрастания исследовался на протяжении многих лет и считается хорошо изученным. Вместе с тем состав продуктов переработки этих видов зерна изучен в существенно меньшей степени и требует проведения дополнительных комплексных исследований.

Вторым фактором, который может оказать влияние на состав зерновых отрубей, является принятая на предприятии схема переработки зерна и сорт получаемой муки. Известно [1], что существуют простые помолы, к которым относятся обойные помолы пшеницы и ржи, и односортный 87 %-ный помол ржи; сложные помолы без обогащения промежуточных продуктов (двухсортный 80 %-ный помол ржи, односортный 63 %-ный помол ржи и односортный 85 %-ный помол пшеницы); сложные помолы с сокращённым обогащением промежуточных продуктов; сложные помолы с развитым процессом обогащения и т. д.

Сегодня используемые вторичные ресурсы зерновых культур в основном идут на кормовые цели. Традиционным способом использования пшеничных отрубей является хлебопечение для повышения биологической ценности продукта за счет дополнительного внесения клетчатки, белка, витаминов, микро- и макроэлементов [2–4].

Отдельным направлением использования зерновых отрубей является производство из них пищевых белковых продуктов. Данному направлению посвящено большое количество исследовательских работ [5–7]. В последнее время активно развивается направление глубокой переработки как зерна, так и отходов мукомольно-крупяного производства [8, 9].

Кроме вышеперечисленных направлений использования зерновых отрубей, они в соответствии с их общим биохимическим составом могут быть перспективным сырьём и в других отраслях пищевой промышленности, в частности в технологии бродильных производств, как дополнительный источник биологически ценных компонентов. Новые нетрадиционные направления использования зерновых отрубей позволят расширить ассортимент получаемых продуктов, в том числе при производстве которых предусмотрены стадии получения и сбраживания суслу из различных видов крахмалсодержащего сырья.

Известно, что процесс переработки любого вида сырья зависит от его биохимического состава, в т. ч. углеводного, белкового и

минерального. Сведения о минеральном составе сырья могут быть положены в основу разработки высокоэффективных технологий по ряду причин, среди которых – влияние на ферментативный гидролиз полимеров сырья и метаболизм дрожжевых клеток.

Известно, что кальций является необходимой составной частью протоплазмальных структур. Наряду с магнием он входит в состав различных субклеточных структур дрожжей и повышает усвояемость ими протеина [10]. Кроме того, ионы кальция стимулируют активность таких ферментов, как альфа-амилаза, бета-амилаза, протеаза, а также защищают альфа-амилазу от термической инактивации [11].

Ион магния необходим для дрожжей как способствующий образованию определенных ферментов в процессе сбраживания сахаренного суслу из крахмалсодержащего сырья [12]. Однако при этом нужно помнить, что избыточный магний, как и кальций, может вступать в реакцию с фосфатами, при этом фосфаты магния более растворимы, чем кальция, кроме этого магний может придавать продукции горький привкус [13].

Ион калия влияет на процесс ферментативного гидролиза полимеров сырья, в определенных количествах он повышает активность ряда ферментов, в повышенных – может ее снижать [14].

Фосфор наряду с азотсодержащими веществами является необходимым компонентом для развития дрожжевой клетки и повышения эффективности брожения. Он входит в состав важнейших компонентов клетки – нуклеопротеидов, нуклеиновых кислот, полифосфатов и фосфолипидов. Недостаток фосфора в среде может привести к нарушению потребления и усвоения дрожжами углеводов и азота [15].

Разработка новой технологии или совершенствование существующей, предусматривающей использование дополнительных компонентов, требует проведения глубоких научных исследований по оценке биохимического состава последних. В полной мере сделанный вывод относится и к изучению биохимического состава зерновых отрубей, так как имеющиеся сведения не всегда позволяют оценить перспективность применения данного нового вида сырья для ранее не использованных целей.

Цель исследований состояла в оценке перспектив применения зерновых отрубей в качестве дополнительного компонента в технологиях бродильных производств из крахмалсодержащего сырья.

В задачи исследований входило изучение минерального состава зерновых отрубей,

выявление зависимостей содержания отдельных катионов от вида отрубей и его гранулометрического состава, а также в определении степени перехода калия, кальция, магния и фосфора в водорастворимые фракции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования в работе использованы:

- 19 образцов зерновых отрубей, полученных с зерноперерабатывающих предприятий Москвы, Московской области и Ростовской области (АО «Московский мельничный комбинат № 3», АО «Зернопродукт» (Московская область, г. Ногинск), ОАО «Истра-хлебопродукт» (Московская область, г. Истра), ООО «СКС-торг» (Московская область, г. Пушкино), ООО «Шахтинский мукомольный завод» (Ростовская область). Отдельные образцы зерновых отрубей, полученные с использованием промышленной установки «Мельник 100 люкс» для производства хлебопекарной муки из пшеницы, ржи, тритикале и зерносмеси, предоставлены специалистами МСХА им. К.А. Тимирязева. Кроме того, в работе использованы зерновые отруби, являющиеся дополнительным продуктом при переработке твёрдой озимой пшеницы, с использованием разработанной специалистами ВНИИЗа технологической схемы, включающей драные, ситовые, шлифовочные, а также вымольные системы;

- водные фракции, полученные путем смешивания исследуемых образцов отрубей с питьевой водопроводной водой в соотношении 1 : 50. Полученная смесь выдерживалась в течение 30 минут с перемешиванием при температуре 20–25 °С. Далее водную фракцию отделяли от осадка методом центрифугирования и использовали для анализа.

Гранулометрический состав отрубей зависит от вида перерабатываемого сырья, его сорта, аппаратурно-технологических особен-

ностей производства и принятой на конкретном предприятии производственной схемы. Метод определения гранулометрического состава зерновых отрубей был основан на расчёте модуля крупности (М) по следующей формуле $M = (d_0 \cdot P_0 + d_1 \cdot P_1 + d_2 \cdot P_2 + \dots + d_n \cdot P_n) / 100$, где d – средний диаметр соседних сит, мм; $P_n = m_n \cdot 100 / \sum m_i$ – процентное содержание каждой фракции после отсева на ситах, %. Изначально данный метод использовался при оценке ингредиентов для производства комбикормов. Также он был рекомендован для оценки прочностных свойств зерна, в том числе прошедшего стадии предобработки (ИК-нагрев, шелушение, биотехнологическую обработку) в спиртовой отрасли [16]. Данные по оценке гранулометрического состава зерновых отрубей позволят научно обосновать выбор способов и режимных параметров их водно-тепловой обработки. Известно, что степень измельчения сырья является одним из параметров, определяющим доступность полимеров к ферментативному воздействию.

Определение содержания золы в образцах отрубей проводили в соответствии ГОСТ Р 51411-99. Массовую концентрацию микроэлементов в золе определяли методами атомно-абсорбционной спектроскопии и ионной хроматографии. Для этого использовали атомно-абсорбционный спектрометр Agilent 240Z и Metrohm IC Advanced Compact 861. Содержание фосфора контролировали спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований для определения модуля крупности был сделан рассев отрубей через набор сит (d = 1,60; d = 1,25; d = 1,00; d = 0,80; d = 0,56 мм). Расчет показал, что значение М варьировалось в широких пределах (таблица 1).

Таблица 1 – Модуль крупности и минеральный состав зерновых отрубей

Table 1 - Particle size distribution index and the mineral composition of cereal bran

№ образца	Модуль крупности (М)	Зола, %	Концентрация микроэлементов в золе, %				Концентрация микроэлементов в образцах, мг/ %			
			К	Са	Mg	Р	К	Са	Mg	Р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
отруби из пшеницы										
1	0,68	5,6	11,5	1,1	5,7	8,2	650,0	60,0	320,0	462,5
2	0,61	5,8	18,0	1,2	7,4	8,3	1040,0	70,0	430,0	479,7

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗЕРНОВЫХ ОТРУБЕЙ

Продолжение таблицы 1 / Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	0,89	6,1	27,8	0,8	8,4	12,2	1690,0	50,0	510,0	743,0
4	0,82	5,6	15,9	1,3	7,5	10,7	890,0	70,0	420,0	597,1
5	0,74	5,4	19,7	1,5	8,4	8,4	1060,0	80,0	450,0	451,9
6	0,45	5,0	17,6	1,6	5,8	5,7	880,0	80,0	290,0	285,0
7	1,34	6,2	15,5	1,3	6,3	5,7	960,0	80,0	390,0	352,3
8	0,96	5,8	17,0	1,6	6,3	5,9	980,0	90,0	360,0	339,3
9	0,80	5,9	16,9	1,2	5,3	7,3	990,0	70,0	310,0	427,1
отруби из ржи										
10	0,84	6,0	15,8	1,0	5,4	11,6	940,0	60,0	320,0	690,2
11	0,81	5,6	18,3	0,9	7,6	11,6	1030,0	50,0	430,0	653,1
12	0,89	5,9	14,9	0,9	8,9	10,5	870,0	50,0	520,0	614,3
13	0,75	5,9	20,2	1,0	8,2	12,3	1200,0	60,0	490,0	730,6
14	0,48	5,1	20,1	1,4	9,9	14,7	1030,0	70,0	510,0	754,1
15	1,26	7,2	19,7	1,0	8,8	13,0	1420,0	70,0	630,0	934,7
отруби из тритикале										
16	0,71	5,8	18,9	0,9	6,7	10,7	1100,0	50,0	390,0	623,8
17	1,18	7,0	14,1	0,7	6,0	11,4	990,0	50,0	420,0	801,4
отруби из зерносмеси										
18	0,50	5,0	17,7	1,4	6,8	8,9	890,0	70,0	340,0	446,8
19	0,44	5,0	16,5	1,2	6,0	9,2	820,0	60,0	300,0	457,2

Условно все образцы зерновых отрубей по показателю М были разделены на 3 фракции: мелкая (1), средняя (2) и крупная (3). В соответствии с данным делением было выявлено (для пшеничных отрубей), что модуль крупности в фракции 1 изменялся в пределах 0,45–0,68, зольность составляла в среднем 5,47%; в фракции 2 показатель М варьировался от 0,74–0,82, среднее значение зольности было на уровне 5,60%; в фракции 3 (крупные отруби) величина М составляла от 0,89 до 1,34, средний показатель по золе – 6,01%.

Таким образом, не зависимо от исходного биохимического состава пшеницы, выявлена связь между гранулометрическим составом отрубей и содержанием в них золы. В образцах 6, 7, 8, отнесенных к трем разным группам, но полученным из одной партии пшеницы, также установлена прямая корреляционная зависимость между показателем М и зольностью. В целом выявленный факт подтвержден и на других видах отрубей: из ржи, тритикале и зерносмеси.

Также в работе на основании значений таблицы 1 было проведено сопоставление данных по модулю крупности с содержанием отдельных микроэлементов в исходных об-

разцах отрубей. Установлено, что содержание ионов K^+ для пшеничных отрубей составляло в фракциях 1, 2 и 3 соответственно 15,7, 17,5 и 20,1% (в золе) и 856,7, 980,0 и 1210,0 мг/ % (в отрубях). Таким образом была выявлена четкая прямая корреляция между модулем крупности и содержанием ионов K^+ .

Как видно из представленных данных, содержание кальция в пшеничных отрубях варьировалось несущественно: в пределах 1,2–1,3% (в золе) и, соответственно, 70–73 мг/ % (в отрубях). Таким образом, по этому микроэлементу четкой зависимости его концентрации от показателя М не выявлено. Это может быть следствием крайне низкого содержания кальция в отрубях.

Анализ содержания ионов магния в образцах показал тенденцию возрастания их концентрации при переходе от образцов мелких отрубей к крупным. Абсолютные значения содержания магния в отрубях находились на уровне 346,7–420,0 мг/ %. Исходя из относительно высокого его содержания в отрубях, можно предположить, что более предпочтительным является использование мелких отрубей, так как данный микроэлемент может негативно отразиться на органолептических характеристиках конечного продукта.

Содержание фосфора в пшеничных отрубях варьировалось в широких пределах: от 5,70 % до 12,2 % (в золе) и от 285,0 мг/ % до 743,0 мг/ % (в отрубях). Для ржаных отрубей данный показатель составлял соответственно 10,5–14,7 % и 614,3–934,7 мг/ %, т. е. содержание фосфора в этих образцах по сравнению с пшеничными отрубями было выше, в среднем, в 1,5–2 раза. Это делает предпочтительным применение ржаных отрубей с повышенным содержанием фосфора в технологиях бродильных производств, особенно при необходимости интенсификации процесса сбраживания. Вместе с тем, несмотря на широкий интервал варьирования данного показателя по всем видам отрубей, не выявлена его зависимость от модуля крупности.

На втором этапе работы было изучено влияние вида отрубей и модуля крупности на

концентрацию ионов калия, кальция, магния и фосфора в жидкой фракции и рассчитана доля их перехода (в %) от исходного содержания в отрубях.

Полученные данные (таблица 2) показали, что в жидкой фракции в количественном отношении преобладают ионы калия, также, как и в исходных отрубях. Вместе с тем, по литературным данным, главную часть минеральных веществ всех злаковых культур составляет фосфор, находящийся как в виде фосфатов, так и в виде органических соединений (фитина). Пониженное содержание фосфора по сравнению с концентрацией калия, как в исходных отрубях, так и в жидкой фракции, может быть связано с тем, что при помоле существенная часть алейронового слоя, содержащего максимальную долю фосфора (свыше 70 %), переходит в муку.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов в жидкой фракции

Table 2 - Content of microelements in the liquid fraction

№ образца	Концентрация микроэлементов в жидкой фракции, мг/ %				Доля микроэлементов в жидкой фракции, % от исходного в отрубях			
	К	Са	Mg	Р	К	Са	Mg	Р
отруби из пшеницы								
1	418,5	1,4	0,75	109,3	64,0	2,3	0,2	23,6
2	800,5	1,7	1,2	97,0	77,0	2,4	0,3	20,3
3	118,6	0,5	0,95	238,5	70,2	1,0	0,2	32,1
4	579,5	1,4	2,4	110,8	65,1	2,0	0,6	18,6
5	761,5	1,1	5,0	173,8	71,8	1,4	1,1	30,5
6	592,0	1,8	2,9	87,7	67,3	2,3	1,0	31,0
7	667,0	1,3	3,0	107,6	69,5	1,6	0,8	30,6
8	652,0	1,5	1,7	76,6	66,5	1,7	0,5	22,6
9	674,2	1,1	2,2	116,5	68,1	1,6	0,7	27,3
отруби из ржи								
10	692,0	1,8	2,3	109,7	73,6	3,2	0,7	15,9
11	525,5	1,8	3,4	142,2	60,4	3,6	1,1	21,8
12	566,4	1,7	2,8	111,8	65,1	3,4	0,6	18,2
13	808,8	1,6	3,1	107,4	67,4	2,7	0,5	14,7
14	656,1	1,8	2,4	143,3	63,7	2,6	0,3	19,0
15	996,8	1,9	2,9	151,4	70,2	2,7	0,4	16,2
отруби из тритикале								
16	761,5	1,4	3,7	165,1	65,1	2,8	1,0	26,5
17	620,7	1,0	3,4	167,5	62,7	2,0	0,8	20,9
отруби из зерносмеси								
18	554,0	1,6	3,4	109,5	62,3	2,3	1,0	24,5
19	506,8	1,3	2,7	101,0	61,8	2,1	0,9	22,1

Содержание кальция в жидкой фракции в пересчете на 100 г отрубей не превышало 1–2 мг %, концентрация магния также находилась на низком уровне – 0,75–5,0 мг %. Низкий переход в жидкую фракцию кальция и, особенно магния, связан с плохой растворимостью их солей.

Напротив, растворимость солей калия высокая и, как следствие, доля перехода этого компонента в жидкую фракцию составила 61,8–77,0 %. Неполный переход калия в жидкую фазу может быть обусловлен присутствием в отрубях его нерастворимых комплексных соединений.

Переход фосфора в жидкую фракцию находился на уровне 15–30 %. Данный факт связан с преобладанием в составе фосфорсодержащих веществ зерновых отрубей нерастворимого фитина.

Анализ полученных данных не позволил выявить определенных закономерностей в переходе калия, кальция, магния и фосфора в жидкую фазу в зависимости от модуля крупности. Вместе с тем установлено, что вид отрубей влияет на переход фосфора в растворимое состояние. Среднее значение доли перехода фосфора в жидкую фракцию составляло для отрубей из пшеницы, тритикале и ржи соответственно 26,3 %, 23,7 % и 17,6 %. Выявленная зависимость связана с повышенным содержанием фитина отрубях из ржи, что было показано ранее [17].

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования по оценке минерального состава зерновых отрубей показали перспективность их использования в технологии бродильных производств в качестве дополнительного источника калия и фосфора.

Анализ данных по гранулометрическому составу и зольности отрубей показал их высокую корреляционную зависимость, что позволяет рекомендовать модуль крупности в качестве дополнительного параметра при оценке отрубей.

Показано, что ржаные отруби по сравнению с пшеничными содержат повышенное количество фосфора, однако его переход в растворимое состояние примерно в 1,5 раза ниже.

В целом при использовании зерновых отрубей в технологиях бродильных производств рекомендуется предварительно проводить их водно-тепловую и ферментативную обработку в присутствии микробных фитаз,

что позволит максимально перевести фитин сырья в растворимые формы фосфора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. М. : Колос, 1984. 376 с.
2. Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П., Витол И.С., Кандроков Р.Х. Актуальные направления технологического развития мукомольной отрасли // Пищевая промышленность. 2017. № 8. С. 44–48.
3. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов (3-е перераб. и доп. издание). СПб. : ГИОРД, 2005. 512 с.
4. Конева С.И., Могучева Э.П. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности // Ползуновский вестник. 2011. № 3/2. С. 141–144.
5. Колпакова В.В., Уланова Р.В., Куликов Д.С. [и др.] Трансформация вторичных продуктов переработки зерна на крахмал, пищевые и кормовые белковые продукты // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки ; Материалы IV международной науч.-практич. конференции. Ялта. 2019. С. 346–348.
6. Гайворонская И.С., Колпакова В.В. Белковые композиции из зерновых культур с повышенной биологической ценностью, синтезированные с ферментом трансглутаминазой // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 28–29.
7. Способ получения белкового продукта из отрубей : патент РФ 2250026 : заявка № 2002132034А : дата заявки 12.11.2002 : дата опубл. 20.04.2005 / В.В. Колпакова, Л.В. Зайцева, Е.А. Смирнов. Бюл. № 11. 3 с.
8. Мелешкина Е.П., Витол И.С., Кандроков Р.Х. Продукты переработки зерна тритикале как объект для ферментативной модификации // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 9. С. 14–18.
9. Витол И.С., Мелешкина Е.П., Карпиленко Г.П. Биоконверсия вторичных продуктов переработки зерна тритикале // Сб. Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства. Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 60-летию Алматинского технологического университета. Алматинский технологический университет. 2017. С. 31–33.
10. Пермякова Л.В. Особенности физиолого-биохимических характеристик пивных дрожжей при хранении с природными минералами // Food Processing: Techniques and Technology. 2018. Vol. 48. No. 1. P. 74–84.
11. Annemuller G., Manger H.-J., Lietz P. The yeast in the brewery. Berlin : VLB Berlin, 2011. 430 p.
12. Моисеенко М.В., Крикунова Л.Н., Карпиленко Г.П. Влияние минерального состава сырья и технологической воды на процесс переработки зерна в спиртовой отрасли // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2010. № 3. С. 16–18.
13. Walker G.M., Birch R.M., Chandrasena G., Maynard A.I. Magnesium, calcium and fermentative

metabolism in industrial // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 1996. Vol. 59. P. 13–18.

14. Perez-Valle J., Jenkins H., Merchan S. [et al.] Key role for intracellular K⁺ and protein kinases Sat4/Hal4 and Hal5 in the plasma membrane stabilization of yeast nutrient transporters // Microbiology and Biotechnology. 2007. Vol. 27. No 16. P. 5725–5736.

15. Пермякова Л.В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 46–55.

16. Черных В.Я., Сарбашев К.А. Методические указания по определению гранулометрического состава на ИИС ГИУ-1 // Центр реологии пищевых сред ГАНУ НИИХП. М. : 2016. 35 с.

17. Кузнецова Е.А., Сеницын А.П., Корячкина С.Я., Пригарина О.М. Применение комплексного ферментного препарата на основе фитазы при подготовке зерна пшеницы и ржи для производства зернового хлеба // Известия вузов. Пищевая технология. 2005. № 5. С. 23–24.

Информация об авторах

Л. Н. Крикунова – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Е. В. Дубинина – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

М. А. Захаров – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

И. В. Лазарева – кандидат технических наук, научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

REFERECES

1. Egorov, G.A., Mel'nikov, E.M. & Maksimchuk, B.M. (1984). *Texnologiya muki, krupy` i kombi-kormov*. Moscow : Kolos. (In Russ.).

2. Pankratov, G.N., Meleshkina, E.P., Vitol, I.S. & Kandrov, R.X. (2017). Aktual'ny`e napravleniya tekhnologicheskogo razvitiya mukomol'noj otrasli // Pishhevaya promy`shlennost` (8). 44-48. (In Russ.).

3. Kazakov, E.D. & Karpilenko, G.P. (2005). Bi-oximiya zerna i xleboproduktov (3-e pererab. I dop. izdanie). SPb. : GI-ORD. (In Russ.).

4. Koneva, S.I. & Mogucheva, E.P. (2011). Is-sledovanie vliyaniya pshenichny`x otrubej na

kachestvo xleba povy`shennoj pishhevoj cennosti. *Polzunovskij vestnik*, 3(2), 141-144. (In Russ.).

5. Kolpakova, V.V., Ulanova, R.V., Kulikov, D.S., Gulakova, V.A., Chumikina, L.V. (2019). Transformaciya vtorichny`x produktov pererabotki zerna na krx-mal, pishhevye i kormovye belkovye produkty`. *Sovremennoe sostoyanie, problemy` i perspektivy` razvitiya agrarnoj nauki. Materialy` IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Yalta. (pp. 346-348). (In Russ.).

6. Gajvoronskaya, I.S. & Kolpakova, V.V. (2019). Belkovye kompozicii iz zernovy`x kul'tur s povy`shennoj biologicheskoy cennost'yu, sintezirovanny`e s fermentom transglyutaminazoj. *Pishhevaya promy`shlennost`*, (4), 28-29. (In Russ.).

7. Kolpakova, V.V., Zajceva, L.V. & Smirnov, E.A. (2005). Sposob polucheniya belkovogo produkta iz otrubej. *Patent RU 2250026*, opubl. 20.04.2005. Byul. № 11. (In Russ.).

8. Meleshkina, E.P., Vitol, I.S. & Kandrov, R.X. (2016). Produkty` pererabotki zerna triticales kak ob`ekt dlya fermentativnoj modifikacii. *Xranenie i pererabotka sel'xozsy`r`ya*, (9), 14-18. (In Russ.).

9. Vitol, I.S., Meleshkina, E.P. & Karpilenko, G.P. (2017). Biokonversiya vtorichny`x produktov pererabotki zerna triticales. *Sb. Innovacionnoe razvitie pishhevoj, lyogkoj promy`shlennosti i industrii gostepriimstva. Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhyonnoj 60-letiyu Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. Alma-Ata : Almatinskij tekhnologicheskij universitet, (pp. 31-33). (In Russ.).

10. Permyakova, L.V. (2018). Osobennosti fiziologo-bioximicheskix karakteristik pivny`x drozhzhej pri xranenii s prirodny`mi mineralami. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48 (1), 74-84. (In Russ.).

11. Annemuller, G., Manger, H.-J. & Lietz P. (2011). *The yeast in the brewery*. Berlin: VLB Berlin.

12. Moiseenko, M.V., Krikunova, L.N. & Karpilenko, G.P. (2010). Vliyanie mineral'nogo sostava sy`r`ya I tekhnologicheskoy vody` na process pererabotki zerna v spirtovoj otrasli. *Proizvodstvo spirta i likero-vodochny`x izdelij*, (3), 16-18. (In Russ.).

13. Walker, G.M., Birch, R.M., Chandrasena, G. & Maynard, A.I. (1996). Magnesium, calcium and fermentative metabolism in industrial. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, (59), 13-18.

14. Perez-Valle, J., Jenkins, H., Merchan, S., Montiel, V., Ramos, J., Sharma, S., Serrano, R. & Yenush, L. (2007). Key role for intracellular K⁺ and protein kinases Sat4/Hal4 and Hal5 in the plasma membrane stabilization of yeast nutrient transporters. *Microbiology and Biotechnology*, 27(16), 5725–5736.

15. Permyakova, L.V. (2016). Klassifikaciya stimulyatorov zhiznennoj aktivnosti drozhzhej. *Texnika*

i tekhnologiya pishhevyy`x proizvodstv. 42(3), 46-55. (In Russ.).

16. Cherny`x, V.Ya. & Sarbashev, K.A. (2016). *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu granulometricheskogo sostavana IIS GIU-1.* M. : Centrologii pishhevyy`x sred GANU NIIXP. (P. 35). (In Russ.).

17. Kuznecova, E.A., Sinicyn, A.P., Koryachkina, S.Ya., Prigarina, O.M. (2005). *Primenenie kompleksnogo fermentnogo preparata na osnove fitazy` pri podgotovke zerna pshenicy i rzhi dlya proizvodstva zernovogo xleba.* *Izvestiya vuzov. Pishhevaya tekhnologiya,* (5), 23-24. (In Russ.).

Information about the authors

L. N. Krikunova – doctor of technical sciences, professor, leading researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry

– Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

E. V. Dubinina – candidate of technical sciences, leading researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

M. A. Zakharov – candidate of technical sciences, senior researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

I. V. Lazareva – candidate of technical sciences, researcher, Department of beer, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 13.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 13 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.