



Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК 664.76

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.019



ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА СТОЙКОСТЬ СОРГОВОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Людмила Витальевна Анисимова ¹, Екатерина Сергеевна Серебренникова ²

¹ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса». Алтайский филиал, Барнаул, Россия

¹ anislv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7900-2935>

² silver.775594@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0651-3512>

Аннотация. Оценено влияние способа обработки зерна сорго перед измельчением на стойкость сорговой муки при хранении путем определения кислотного числа жира (КЧЖ) муки, а также ее микробиологической обсемененности. Исследованы четыре разновидности муки, различающиеся по характеру обработки зерна перед измельчением: мука из зерна сорго, прошедшего гидротермическую обработку (ГТО) с увлажнением под вакуумом, отволаживанием и сушкой при оптимальных режимах, а также операцию шелушения-шлифования (V); мука из зерна сорго, прошедшего ГТО с пропариванием и сушкой при оптимальных режимах и операцию шелушения-шлифования (P); мука из зерна сорго, не подвергавшегося ГТО, но прошедшего операцию шелушения-шлифования (WH) и цельнозерновая мука из сорго (WG).

Образцы муки хранили в термостатах в условиях постоянной относительной влажности воздуха (65,0±0,1 %) при температуре 20,0±0,5 °C и 40,0±1,0 °C. Повышенную температуру использовали при реализации метода «ускоренного старения» с целью интенсификации микробиологических и биохимических процессов, протекающих в муке. Муку размещали на хранение в двух видах упаковки: текстильных (хлопковых) мешках и полимерных (полиэтиленовых) пакетах с замком zip-lock.

Определение кислотного числа жира муки, а также количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАМ) осуществляли по действующей нормативной документации. По результатам исследований были определены сроки годности муки из зерна сорго, не подвергнутого ГТО (WH), а также муки, из зерна сорго, прошедшего ГТО с увлажнением под вакуумом V. Для муки из зерна сорго P ввиду малого изменения КЧЖ установлен срок хранения по рассчитанному коэффициенту соответствия по методике «ускоренного старения».

Ключевые слова: сорго, сорговая мука, гидротермическая обработка, пропаривание зерна, хранение муки, кислотное число жира, КМАФАМ, срок годности, срок хранения.

Для цитирования: Анисимова Л. В., Серебренникова Е. С. Влияние способа обработки зерна на стойкость сорговой муки при хранении // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 127–131. doi: 10.25712/ASTU. 2072-8921.2025.02.019. EDN: <https://elibrary.ru/IKWTZD>.

Original article

EFFECT OF GRAIN PROCESSING METHOD ON DURABILITY OF SORGHUM FLOUR DURING STORAGE

Ludmila V. Anisimova ¹, Ekaterina S. Serebrennikova ²

¹ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

² Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Assessment of safety and quality of products of the agro-industrial complex". Altai Branch, Barnaul, Russia

¹ anislv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7900-2935>

² silver.775594@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0651-3512>

Abstract. The effect of the method of processing sorghum grain before grinding on the durability of sorghum flour during storage was assessed by assessing the acid number of fat, as well as its microbiological contamination. Four types of flour were studied, differing in the nature of grain processing before grinding: flour from sorghum grain that has undergone hydrothermal treatment (HTT) with vacuum humidification, resting and drying under optimal conditions, as well as hulling and polishing (V); flour from sorghum grain that has undergone HTT with steaming and drying under optimal conditions and the hulling and polishing operation (P); flour from sorghum grain that has not been subjected to HTT, but has undergone the hulling and polishing operation (WH) and whole grain flour from sorghum (WG). Flour sam-

© Анисимова Л. В., Серебренникова Е. С., 2025

ples were stored in thermostats at constant relative humidity ($65.0 \pm 0.1\%$) at temperatures of $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and $40.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$. The elevated temperature was used in the implementation of the "accelerated aging" method in order to intensify the microbiological and biochemical processes occurring in the flour. Flour was stored in two types of packaging: textile (cotton) bags and polymer (polyethylene) bags with a zip-lock. The determination of the acid number of fat, as well as the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (KMAFAnM) was carried out according to the current regulatory documentation. According to the research results, the shelf life of flour from sorghum grain that has not been subjected to HTT (WH), as well as flour from sorghum grain that has undergone HTT with humidification under vacuum V were determined. For flour from sorghum grain, due to the small change in acid number of fat, the storage life was set according to the calculated coefficient of conformity according to the "accelerated aging" method.

Keywords: sorghum, sorghum flour, hydrothermal treatment, grain steaming, flour storage, acid number of fat, KMAFAnM, shelf life, storage life.

For citation: Anisimova, L.V. & Serebrenikova, E.S. (2025). Effect of grain processing method on durability of sorghum flour during storage. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 127-131. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.019. EDN: <https://elibrary.ru/lKWTZD>.

ВВЕДЕНИЕ

Сорго зерновое, на данный момент, является одной из перспективных культур для возделывания в Алтайском крае ввиду наличия засушливых районов, а также большой распространенности засоленных и солончаковых почв на территории юго-запада края [1]. Другой причиной заинтересованности фермерских хозяйств данной культурой является повышение среднегодовых температур в крае за последние 30 лет [2].

Сорго – засухоустойчивая культура, она способна сохранять высокую урожайность при недостатке влаги, а также не требовательна к почвам [3, 4, 5].

Зерно сорго содержит около 80 % крахмала, 13–15 % белка, 8 % жира, около 2 % золы и золообразующих веществ, кроме того, сорго является источником каротина и содержит витамины, такие как тиамин, ниацин, рибофлавин, что делает его перспективным пищевым источником [6, 7, 8, 9, 10].

В засушливых странах сорго имеет большое значение в питании населения. Из него получают традиционные блюда, макаронные изделия, крупы, напитки [11, 12]. Главными производителями сорго являются Судан, Нигерия, Нигер, Индия и США [13].

Производство сорго в качестве пищевой культуры в Алтайском крае возможно, а продукты переработки сорго позволят расширить ассортимент зерновой продукции, в том числе в качестве добавок при выпечке хлеба и хлебобулочных изделий.

Производство новых продуктов питания, а также сырья для их производства сопровождается рядом исследований, направленных на изучение их стойкости при хранении, а также возможности ее увеличения с помощью технологических приемов, что позволяет создавать запасы получаемой продукции и, как следствие, повышать эффективность производства.

Целью данной работы явилось изучение стойкости муки из зерна сорго, полученной разными способами, при хранении, а также определение сроков ее годности.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

Сорговую муку получали из зерна сорго сорта Орловское путем измельчения ядра и зерна сорго на лабораторной мельнице молоткового типа с последующим отбором муки проходом металлочного сита № 08.

Исследовали четыре разновидности муки, различающиеся по характеру обработки зерна перед измельчением: муку из зерна сорго, прошедшего гидротермическую обработку (ГТО) с увлажнением под

вакуумом, отволаживанием и сушкой, а также операцию шелушения-шлифования (V); муку из зерна сорго, прошедшего ГТО с пропариванием и сушкой и операцию шелушения-шлифования (P); муку из зерна сорго, не подвергавшегося ГТО, но прошедшего операцию шелушения-шлифования (WH) и цельнозерновую муку сорго (WG).

Полученную муку хранили в двух видах упаковки: текстильных хлопковых мешках и полимерных (полиэтиленовых) пакетах с замком zip-lock. Муку помещали в термостаты при постоянных значениях температуры и относительной влажности воздуха. Температуру хранения поддерживали на уровнях $20,0 \pm 0,5$ и $40,0 \pm 1,0$ °C. Повышенную температуру использовали при реализации метода «ускоренного старения» [14, 15, 16] с целью интенсификации микробиологических и биохимических процессов, протекающих в муке. Относительная влажность воздуха составляла $65,0 \pm 0,1$ %.

При изучении стойкости муки из голозерного красного сорго при хранении руководствовались показателями кислотного числа жира (КЧЖ), а также количеством мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (KMAFAnM), определяемыми по стандартным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кислотное число жира является одним из основных показателей свежести муки, показывающее количество накопленных свободных жирных кислот в течение хранения. Накапливающиеся жирные кислоты являются следствием гидролиза жиров и способны окисляться далее до образования перекисей и гидроперекисей, влияющих на потребительские свойства муки.

На рисунках 1–3 представлены зависимости кислотного числа жира разновидностей сорговой муки от длительности хранения при температурах $20,0 \pm 0,5$ °C и $40,0 \pm 1,0$ °C.

Из данных, представленных на рисунках, следует, что КЧЖ растет для всех образцов в процессе хранения, при этом образцы муки P имеют наименьшие значения КЧЖ. Наибольшие значения кислотного числа жира для всех образцов муки достигаются на 168 сутки хранения, в условиях повышенной температуры ($40,0 \pm 1,0$ °C) при хранении в текстильных хлопковых мешках. Так, для муки P наибольшее значение данного показателя равно 54,4 мг КОН на 1 г жира, для муки V наибольшее значение КЧЖ равно 99,7 мг КОН на 1 г жира. Из всех исследованных образцов муки из голозерного красного сорго наибольшее значение КЧЖ, составившее 142,7 мг КОН на 1 г жира, имеет муку WH.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА СТОЙКОСТЬ СОРГОВОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

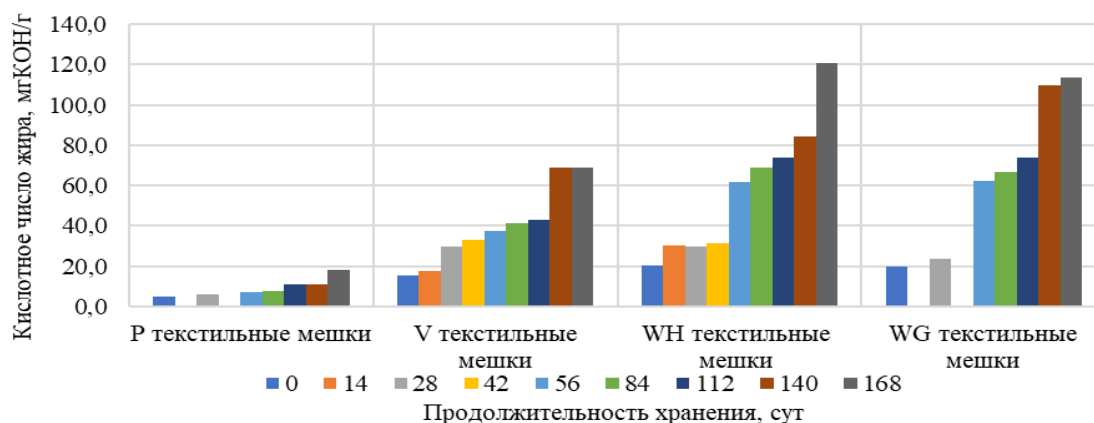


Рисунок 1 – Влияние продолжительности хранения при температуре $20,0 \pm 0,5$ °C в текстильных хлопковых мешках на кислотное число жира муки из голозерного красного сорго, полученной разными способами

Figure 1 – The effect of the storage duration at a temperature of 20.0 ± 0.5 °C in textile cotton bags on the acid number of fat from naked red sorghum flour obtained by various methods

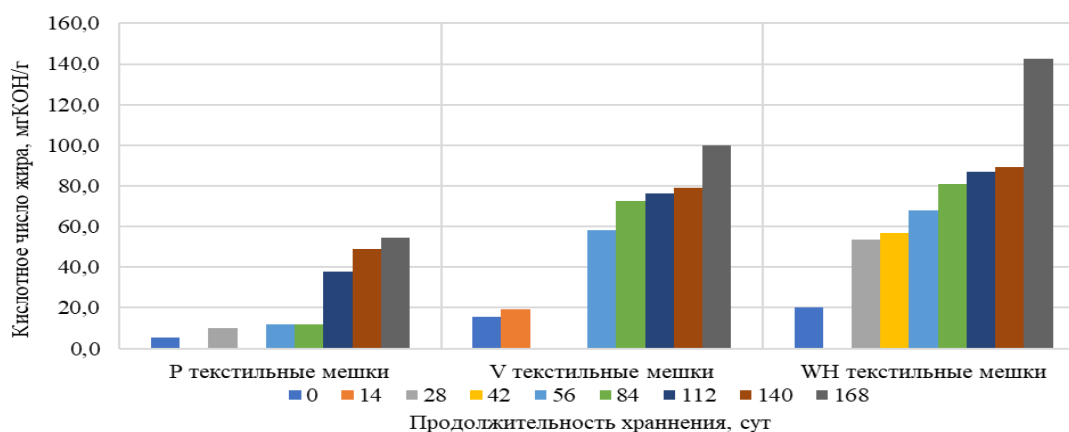


Рисунок 2 – Влияние продолжительности хранения при температуре $40,0 \pm 1,0$ °C в текстильных хлопковых мешках на кислотное число жира муки из голозерного красного сорго, полученной разными способами

Figure 2 – The effect of the storage duration at a temperature of 40.0 ± 1.0 °C in textile cotton bags on the acid number of fat from naked red sorghum flour obtained by various methods

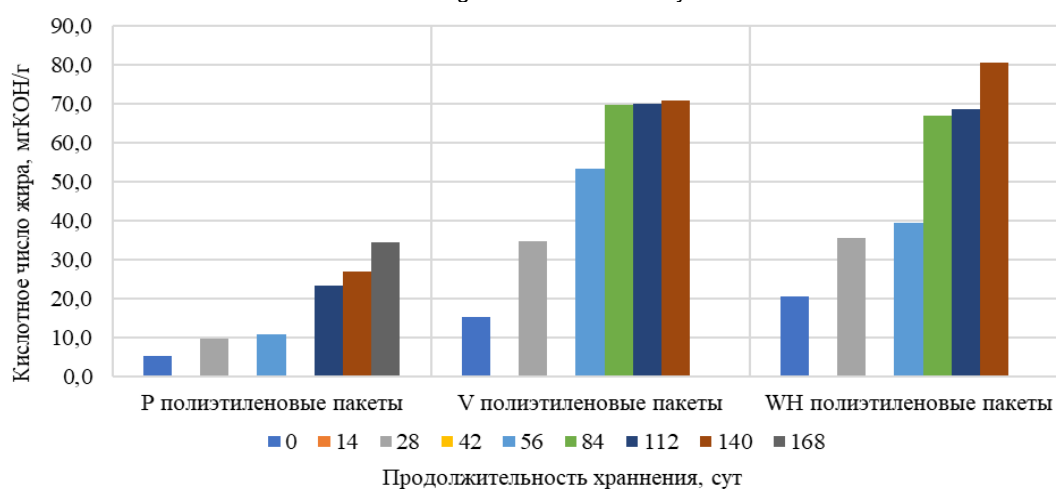


Рисунок 3 – Влияние продолжительности хранения при температуре $40,0 \pm 1,0$ °C в полимерных (полиэтиленовых) пакетах на кислотное число жира муки из голозерного красного сорго, полученной разными способами

Figure 3 – The effect of the storage duration at a temperature of 40.0 ± 1.0 °C in plastic (polyethylene) bags on the acid number of fat from naked red sorghum flour obtained by various methods

Кроме того, из представленных данных следует, что наибольшее значение КЧЖ цельнозерновой муки из голозерного красного сорго равно 113,4 мг КОН на 1 г жира достигается при хранении в условиях температуры $20,0 \pm 0,5$ °С в текстильных хлопковых мешках в течение 168 суток и оно ниже, чем КЧЖ образца муки *WH*, хранившейся при тех же условиях. При этом мука *WG* имеет большие значения КЧЖ при меньшей длительности хранения. Это говорит о том, что в муке *WG* содержится большее количество антиокислителей, попавших в муку вместе с зародышем и оболочками, которые проявляют свое действие.

Образцы муки, хранившиеся в полимерных пакетах, демонстрируют меньшие значения КЧЖ, чем образцы, хранившиеся в хлопковых мешках, что говорит о положительном воздействии данного вида упаковки на сохранность муки из голозерного красного сорго. При хранении муки *V*, а также муки *WH*, были установлены сроки годности. Для муки *P*, ввиду малого изменения КЧЖ в процессе хранения по методике «ускоренного старения» был установлен срок хранения по коэффициенту, определенному для муки из зерна голозерного красного сорго, прошедшего ГТО с увлажнением под вакуумом.

При установлении срока годности за предел взяли норму, указанную в ГОСТ 26574 для пшеничной муки, равную 80 мг КОН на 1 г жира, при установлении срока хранения – 50 мг КОН на 1 г жира.

На 140 суток мука из красного голозерного сорго, не прошедшего ГТО, достигла значения КЧЖ, равного 84,4 мг КОН на 1 г жира при ее хранении в условиях температуры $20,0 \pm 0,5$ °С в хлопковых мешках. Однако это значение превышает норму, установлен-

ную ГОСТ 26574, поэтому для расчета была взята предыдущая точка, соответствующая значению данного показателя 73,7 мг КОН на 1 г жира при хранении в течение 112 суток. При этом образцы муки *WH*, хранившиеся при температуре $40,0 \pm 1,0$ °С, достигли такого уровня на 56 сутки хранения. Таким образом, коэффициент соответствия по методике «ускоренного старения» $K = 2$.

Мука из зерна голозерного красного сорго, прошедшего ГТО с увлажнением под вакуумом, хранившаяся в условиях температуры $20,0 \pm 0,5$ °С в хлопковых мешках, достигла максимального уровня кислотного числа жира, равного 68,9 мг КОН на 1 г жира на 168 сутки хранения. При этом образцы, хранившиеся в условиях температуры $40,0 \pm 1,0$ °С в хлопковых мешках, достигли такого уровня кислотного числа жира на 84 сутки. Таким образом, коэффициент соответствия также равен 2.

Мука из голозерного красного зерна сорго *P*, хранившаяся в хлопковых мешках, на 140 сутки достигает значения КЧЖ, равного 49,1 мг КОН на 1 г жира при условиях температуры $40,0 \pm 1,0$ °С. Таким образом, с применением коэффициента соответствия, равного 2, срок хранения такой муки равен 280 суткам при температуре $20,0 \pm 0,5$ °С.

На рисунке 4 представлено изменение микробиологических показателей исследуемых образцов сорговой муки в процессе хранения при температуре $20 \pm 0,5$ °С, которые также играют важную роль при оценке стойкости муки при хранении.

Определяли количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, а также количество плесневых грибов.

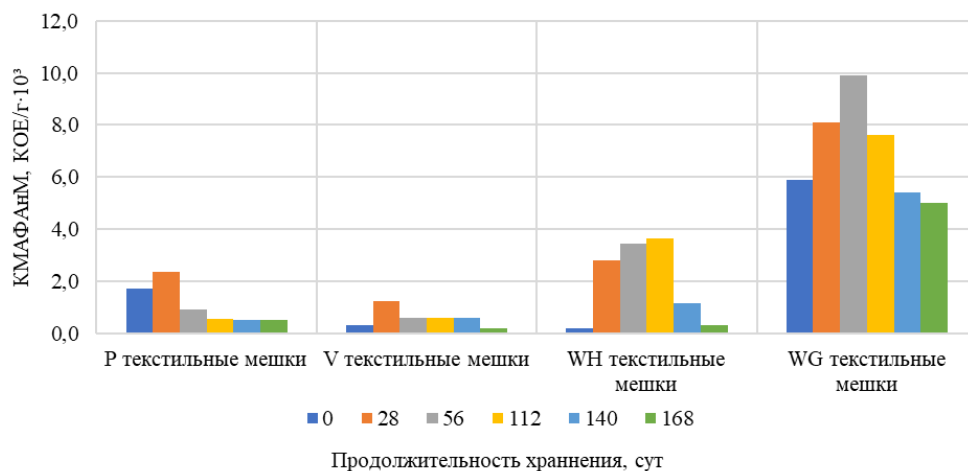


Рисунок 4 – Влияние способа получения муки из голозерного красного сорго на изменение КМАФАнМ в процессе хранения

Figure 4 – The effect of the method of producing flour from naked red sorghum on the change in the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms during storage

Из представленных данных следует, что микробиологическая обсемененность цельнозерновой муки из голозерного красного сорго *WG*, а также муки из зерна сорго *WH* выше, чем муки из зерна сорго, прошедшего ГТО. Это свидетельствует о частичной стерилизации сорго во время гидротермической обработки зерна, используемого для получения двух других образцов муки.

Наибольшее значение КМАФАнМ, равное $9,9 \cdot 10^3$ КОЕ/г, было получено при хранении сорговой муки из целого зерна голозерного красного сорго *WG*

на 56 сутки, для образцов муки *WH* наибольшее значение КМАФАнМ составило $3,7 \cdot 10^3$ КОЕ/г на 112 сутки хранения. Мука из пропаренного зерна сорго достигла максимального значения КМАФАнМ, равного $2,4 \cdot 10^3$ КОЕ/г на 28 сутки хранения, мука из зерна сорго, прошедшего ГТО с увлажнением под вакуумом, достигла максимального значения микробиологической обсемененности в размере $1,3 \cdot 10^3$ КОЕ/г на 28 сутки хранения. Увеличение количества микроорганизмов связано с экспоненциальным ростом бактериальной микрофлоры в процессе поглощения питательных

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА СТОЙКОСТЬ СОРГОВОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

веществ муки. Снижение количества колоний свидетельствует о повышении кислотности муки в процессе хранения, что вызывает их отмирание. Плесневые грибы ни в одном из образцов сорговой муки обнаружены не были.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать выводы:

- гидротермическая обработка сорго позволяет повысить стойкость при хранении сорговой муки, при этом двойное тепловое воздействие в процессе ГТО (пропаривание, сушка) способно в лучшей степени стабилизировать процессы, протекающие в муке при хранении; в связи с этим данные образцы имели меньшее КЧЖ, а также были в меньшей степени обсеменены микроорганизмами;

- упаковка муки в полимерные пакеты, оснащенные застежкой, препятствующей попаданию внутрь пакета кислорода воздуха, позволяет дольше сохранить свежесть муки;

- операция шелушения-шлифования снижает обсемененность сорговой муки микроорганизмами, о чем свидетельствует показатель КМАФАнМ, определяемый в процессе хранения.

По результатам проведенных исследований можно рекомендовать сроки годности сорговой муки *WH* – 112 суток; муки *V* – 168 суток, а также срок хранения муки *P* – 280 суток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Шукис Е.Р. Потенциал возделывания сорговых культур в Алтайском крае / Е.Р. Шукис, А.Б. Володин, С.И. Капустин // Сельскохозяйственный журнал. 2018. С. 32–37.
2. Погода и климат // www.pogodaiklimat.ru. Электрон. текст. дан. Режим доступа: http://www.pogodaiklimat.ru/history/44277_3.htm. Загл. с экрана.
3. Горпиниченко С.И. Результаты селекции суданской травы / С.И. Горпиниченко, Г.М. Ермолина, П.И. Ляшов // Достижения, направления развития сельскохозяйственной науки России Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И.Г. Калиненко ВНИИЗК – 75 лет. Ростов-на-Дону, 2005. С. 248–251.
4. Метлина Г.В. Агроэнергетическая эффективность возделывания новых сортов и гибридов сорго сахарного / Г.В. Метлина, С.И. Горпиниченко, Н.А. Ковтунова, С.А. Васильченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. № 114. 2015. С. 288–297.
5. Раева С.А. Производство зернового сорго в Ростовской области / С.А. Раева // Кукуруза и сорго. № 6. 2005. С. 12–14.
6. Ковтунов В.В. Основные направления использования сорго зернового / В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. 2011. № 6. С. 28–32.
7. Morya G.-C.K. Millets: The Indigenous Food Grains /

G.-C.K. Morya, H.S. Mishra, S. Shakya, B. Raj, K.N. Yadav // International Journal of Advanced Ayurveda, Yoga, Unani, Siddha and Homeopathy. 2017. № 6(1). P. 447–452.

8. Rathore T. Review on finger millet: Processing and value addition. / T. Rathore, R. Singh, D.B. Kamble, A. Upadhyay, S. Thangalakshmi // The Pharma Innovation Journal. 2019. № 8(4). P. 283–291.

9. Шепель Н.А. Сорго – интенсивная культура / Н.А. Шепель. Симферополь: Таврия, 1989. 191 с.

10. Widowati S. Karakteristik Mutu Gizi Dan Diversifikasi Pangan Berbasis Sorgum (Sorghum vulgare) / S. Widowati // PANGAN. 2010. Vol. 19 (4). P. 373–382.

11. Dykes L. Sorghum and millet phenols and antioxidants / L. Dykes, L.W. Rooney // Journal of Cereal Science. 2006. № 44. P. 236–251.

12. Taylor J.R.N. Sorghum and millets: grain-quality characteristics and management of quality requirements / J.R.N. Taylor, K.G. Duodu // Cereal Grains. 2017. P. 317–351.

13. FAOSTAT // Food and Agriculture Organization of the United Nations. Электрон. текст. дан. Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Загл. с экрана.

14. Анисимова Л.В. Стойкость при хранении ячменной муки, полученной разными способами / Л.В. Анисимова, А.А. Выборнов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 2–3. С. 41–44.

15. Солтан О.И.А. Разработка технологии овсяной муки с интенсивным увлажнением зерна и мучных композитных смесей на её основе: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.01 / Солтан Осама Исмаил Ахмед. Барнаул, 2020. 196 с.

16. Выборнов А.А. Разработка технологии ячменной муки с использованием интенсивного увлажнения зерна: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.01 / Выборнов Андрей Александрович. Барнаул, 2016. 145 с.

Информация об авторах

Л. В. Анисимова – к.т.н., доцент, доцент кафедры ТХПЗ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8-960-947-45-28, e-mail: anislv@mail.ru.

Е. С. Серебrenникова – главный специалист испытательной лаборатории Алтайского филиала ФГБУ «ЦОК АПК», тел.: 8-963-570-59-80, e-mail: silver.775594@mail.ru.

Information about the authors

L.V. Anisimova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of THPZ of the Polzunov Altai State Technical University.

E.S. Serebrennikova - Chief specialist of the testing laboratory of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Assessment of safety and quality of products of the agro-industrial complex".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 23 августа 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 23 Aug 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.