



Научная статья

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

УДК 664.641:664.73

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.006



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЗИНТЕГРАТОРА В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Светлана Сергеевна Кузьмина ¹, Людмила Алексеевна Козубаева ²,
Елена Юрьевна Егорова ³

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

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² cosubaeva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

³ egorovaeyu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4990-943X>

Аннотация. *Повышение эффективности производства пшеничной муки, особенно высшего сорта, – одна из наиболее важных и актуальных задач, стоящих перед мукомольным производством и предполагающих увеличение выхода готового продукта и возможность управления его качеством. Авторами статьи исследованы условия внедрения дезинтегратора в технологический процесс производства пшеничной муки. Объекты исследований – продукты с 1, 3 и 5 размольных систем – пропускали через лабораторный дезинтегратор один и два раза, с последующим просеиванием. По результатам исследований крупности продуктов измельчения установлено, что применение дезинтегратора в разных размольных системах дает возможность направленно менять фракционный состав муки в соответствии с её назначением. Анализ степени разрушения крахмальных гранул в продуктах помола подтвердил, что интенсивное кратковременное воздействие помольных органов дезинтегратора не приводит к существенному разрушению гранул крахмала. Доказано, что при выработке пшеничной муки высшего сорта наиболее целесообразно устанавливать дезинтегратор на 1-ю размольную систему: по белизне, крупности и зольности продуктов измельчения на дезинтеграторе подтверждено их соответствие требованиям к муке пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Применение дезинтегратора на 1 размольной системе способствует также повышению выхода муки высшего сорта на 1,4–2,8 %, по сравнению с выходом муки этого сорта, полученным в условиях производства на вальцовом станке. Таким образом, применение дезинтегратора в мукомольном производстве позволяет не только своевременно корректировать технологический процесс, повышая эффективность производства в целом, но и получать пшеничную муку высшего сорта с более высоким выходом.*

Ключевые слова: *технология, мука, продукты помола, дезинтегратор, гранулометрический состав, зольность, белизна, степень разрушения крахмальных гранул, выход муки.*

Благодарности: *Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки России на создание и развитие инжинирингового центра в рамках реализации федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты».*

Для цитирования: Кузьмина С. С., Козубаева Л. А., Егорова Е. Ю. Эффективность применения дезинтегратора в мукомольном производстве // Ползуновский вестник. 2022. № 3. С. 43 - 49. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.006. EDN: <https://elibrary.ru/hixdss>.

Original article

EFFICIENCY OF USE OF THE DISINTEGRATOR IN FLOUR PRODUCTION

Svetlana S. Kuzmina¹, Ludmila A. Kozubaeva², Elena Yu. Egorova³

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

²cosubaeva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

³egorovaeyu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4990-943X>

Abstract. Improving the efficiency of wheat flour production, especially of the highest grade, is one of the most important and urgent tasks facing the milling industry and involving an increase in the yield of the finished product and the possibility of managing its quality. The authors of the article investigated the conditions for the introduction of a disintegrator into the technological process of wheat flour production. The objects of research – products from the 1, 3 and 5 grinding systems – were passed through a laboratory disintegrator once and twice, followed by sieving. According to the results of studies of the fineness of grinding products, it was found that the use of a disintegrator in different grinding systems makes it possible to change the fractional composition of flour in accordance with its purpose. Analysis of the degree of destruction of starch granules in grinding products confirmed that intensive short-term exposure of the grinding organs of the disintegrator does not lead to significant destruction of starch granules. It is proved that when producing wheat flour of the highest grade, it is most expedient to install a disintegrator on the 1st grinding system: according to the whiteness, size and ash content of the grinding products on the disintegrator, their compliance with the requirements for wheat flour of the highest grade is confirmed. The use of a disintegrator on 1 grinding system also contributes to an increase in the yield of high-grade flour by 1.4-2.8 %, compared with the yield of flour of this grade obtained under production conditions on a roller machine. Thus, the use of a disintegrator in flour milling allows not only to adjust the technological process in a timely manner, increasing the efficiency of production as a whole, but also to obtain wheat flour of the highest grade with a higher yield.

Keywords: technology, flour, grinding products, disintegrator, granulometric composition, ash content, whiteness, degree of destruction of starch granules, flour yield.

Acknowledgements: The research was carried out with the support of a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the creation and development of an engineering center within the framework of the federal project "Development of infrastructure for Research and Training" of the national project "Science and Universities".

For citation: Kuzmina, S. S., Kozubaeva, L. A. & Egorova, E. Yu. (2022). Efficiency of use of the disintegrator in flour production. *Polzunovskiy vestnik*, (3). 43-49. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.006.

ВВЕДЕНИЕ

Помольный процесс является одним из важных звеньев мукомольного производства, определяющих качество готового продукта. Исследования в области процессов помола, их влияния на технологические свойства муки сохраняют свою актуальность до сих пор, так как правильный подбор оборудования в значительной мере определяет эффективность и рентабельность мукомольного производства.

Структура и организация процесса измельчения зерна при сортовом помоле позволяют считать его одним из наиболее сложных. В этом процессе выделяют 3 взаимосвязанных этапа: образование крупок с вымолом оболочек; обогащение промежуточных про-

дуктов – крупок и дунстов; тонкое измельчение промежуточных продуктов с вымолом невыделенных ранее оболочек [1].

При проектировании мукомольного оборудования необходимо учитывать тонкость помола, структурно-механические и физико-химические характеристики измельчаемого материала, такие, как твердость, пластичность, прочность, сопротивление материала и подверженность его компонентов окислению, и т.д. [2-5]. С учетом различающихся свойств растительных материалов, для их измельчения в последние годы сконструированы и применяются мельницы, работа которых основана на разных принципах воздействия на измельчаемый материал: вибрационные, струйные, ударно-отражательные и другие.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2022

Одним из перспективных видов специализированного оборудования является дезинтегратор, принцип измельчения в котором основан на вращении двух роторов-«корзин», насаженных на соосно-расположенные валы, в две противоположные стороны. Собственно, сам процесс измельчения осуществляется расположенными в несколько рядов помольными органами-«пальцами», размещенными по концентрическим окружностям на дисках роторов. При работе дезинтегратора ряды его помольных органов-пальцев свободно входят навстречу друг другу, формируя встречные потоки обрабатываемого материала, что обеспечивает не только его диспергирование, но и механоактивацию [6, 7].

Поскольку конечной и основной целью технологического процесса получения муки является отделение эндосперма от оболочек и его измельчение при наименьшем разрушении самих оболочек, для реализации поставленной цели исследовали возможность внедрения дезинтегратора в мукомольный процесс вместо используемого на промышленных мукомольных предприятиях вальцового станка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью обоснования эффективности применения дезинтегратора в мукомольном производстве исследовали продукты помола, предоставленные мукомольным предприятием Алтайского края. Отбор образцов осуществляли на 1, 3 и 5 размольных системах на входе в вальцовый станок (далее образец 0) и на выходе из него (далее образец 1).

Мука, полученная по классической технологии с применением вальцового станка, в данной работе использована в качестве контроля.

Измельчение образцов, отобранных на размольных системах, осуществляли на лабораторном дезинтеграторе, развивающем относительную скорость движения пальцев на внешнем радиусе до 129 м/с. Дезинтегратор разработан на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» АлтГТУ.

Для полноты исследования образцы пропускали через дезинтегратор один (образец 2) и два (образец 3) раза. Продукты помола после вальцового станка и дезинтегратора просеивали на сите из шелковой ткани № 43.

Контроль технологических свойств продуктов помола (муки), характеризующих эффективность применения дезинтегратора, осуществляли с применением стандартных и отраслевых методов исследования:

- зольность – по ГОСТ 27494-2016,

- белизну – по ГОСТ 26361-2013 на приборе «Белизомер муки БЛИК-Р3»,
- сорт муки – по ГОСТ 26574-2017.

Гранулометрический состав полученных продуктов контролировали с использованием программно-аппаратурного комплекса «Анализ зернопродуктов Гран», созданного на кафедре «Технология хранения и переработки зерна» АлтГТУ. Для проведения этого исследования продукты помола не подвергали просеиванию.

Количество и объем поврежденного крахмала в муке контролировали при помощи анализатора Y41 (Турция). Работа прибора основана на амперометрическом анализе поврежденного крахмала в образцах муки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из важных показателей помола является гранулометрический состав, характеризующий распределение в продукте крупинки муки по крупности. Размер частиц муки, как и их относительная однородность по размеру, имеют важное значение для всех этапов технологического процесса, определяя параметры рабочих органов и режимы работы технологического оборудования.

Дисперсность продуктов помола тесно взаимосвязана с физическими характеристиками мучных смесей и реологическими свойствами полуфабрикатов хлебопекарного производства [8]. Прежде всего, от размеров частиц и их однородности зависит скорость протекания в тесте биохимических и коллоидных процессов и, как следствие этого, качество и выход хлеба [9].

Известно, что лучшими хлебопекарными свойствами обладает мука, дисперсный состав которой характеризуется фракцией 80–120 мкм в количестве не менее 60 % [10].

Влияние способа измельчения на фракционный состав образцов муки представлен на рисунке 1. Анализ фракционного состава муки, выделенной на 1 размольной системе (1 р.с.), показал, что использование как вальцового станка, так и дезинтегратора, приводит к получению продукта, в котором преобладают частицы с размером 40–125 мкм. Следует отметить, что при дезинтегрировании на долю этой фракции муки приходилось 62–63 %, что удовлетворяло требования к дисперсному составу хлебопекарной муки.

В муке, полученной с 3 размольной системы (3 р.с.), наблюдалось равновесие между долей мелкой и крупной фракций при измельчении на вальцовом станке. Применение дезинтегратора на этой системе способство-

вало в большей степени формированию мелкой фракции.

На 5 размольной системе (5 р.с.) не происходило существенных изменений размера частиц до и после измельчения продукта, как на вальцовом станке, так и на дезинтеграторе. Следовательно, для получения муки, удовлетворяющей требованиям хлебопекарного

производства, рекомендуется устанавливать дезинтегратор на 1 размольной системе и пропускать мучной продукт через дезинтегратор не более 1 раза. Увеличение количества проходов через дезинтегратор приводит к возрастанию энергозатрат и объема работы, при этом показатели качества полученного продукта существенно не изменялись.

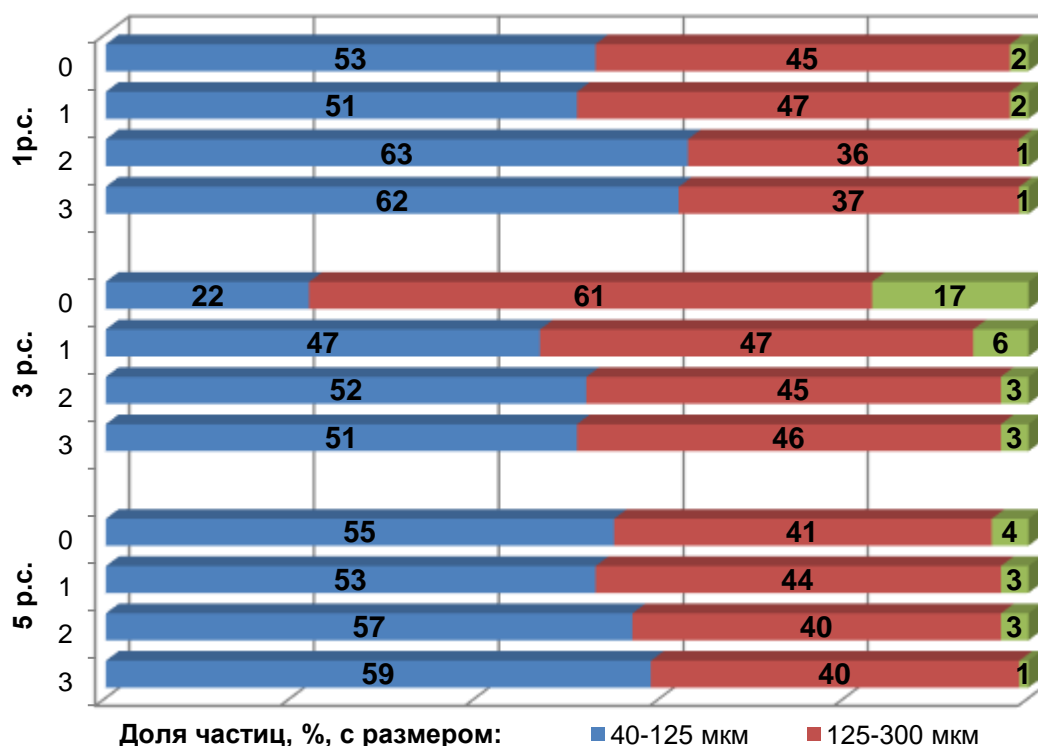


Рисунок 1 – Фракционный состав образцов муки
Figure 1 – Fractional composition of flour samples

К показателям, комплексно определяющим сортность муки, относят зольность и белизну (таблица 1).

Согласно полученным результатам, зольность дезинтегрированной муки превышала зольность муки, полученной в условиях производства на вальцовом станке. Эти результаты ещё раз подтверждают, что интенсивное высокоскоростное воздействие помольных органов дезинтегратора способ-

ствует разрушению не только эндосперма зерна, но и отрубянистых частиц. С повышением значения зольности продукта наблюдалось закономерное понижение белизны.

Сортность полученной муки была установлена сопоставлением результатов исследований с требованиями ГОСТ 26574-2017. Использование дезинтегратора на 1 размольной системе позволяет получить муку высшего сорта (образцы 2 и 3).

Таблица 1 – Влияние дезинтегрирования на зольность и белизну муки

Table 1 – The effect of disintegration on the ash content and whiteness of flour

Образцы продукта с размольных систем		Зольность в пересчете на сухое вещество, %	Белизна, усл. ед РЗ-БПЛ	Соответствие сорту муки
1		2	3	4
1 размольная система	1	0,38	67,2	экстра/высший
	2	0,44	59,4	ВЫСШИЙ
	3	0,44	54,8	ВЫСШИЙ
3 размольная система	1	0,62	47,5	первый
	2	1,19	31,7	второй
	3	1,30	27,2	второй

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЗИНТЕГРАТОРА В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Продолжение таблицы 1 / Table 1 continued

1		2	3	4
5 размольная система	1	1,23	27,3	второй
	2	1,98	10,2	обойная
	3	2,75	7,5	–

При традиционном применении вальцового станка в технологической схеме 1 размольной системы реализуется производство муки экстра и высшего сорта. В нашем эксперименте достигается подобный эффект.

Из результатов, полученных на 3 и 5 размольных системах, следует, что применение дезинтегратора способствует получению муки более низкого сорта по сравнению с вальцовым станком.

Количеству разрушенного крахмала в муке уделяется особое внимание, по степени его разрушения определяют оптимальный режим работы размольного отделения.

Поврежденный крахмал очень важен для хлебопекарного производства. С одной стороны, наличие разрушенного крахмала в муке способствует увеличению водопоглотительной способности и влияет на реологические свойства теста, а также увеличивает запасы питательных веществ, необходимых для дрожжей, повышает восприимчивость муки к альфа-амилазе. С другой стороны, поврежденные гранулы крахмала более подвержены ферментативному расщеплению с образованием декстринов и избытка сахаров, что существенно влияет на протекание биохимических процессов приготовления теста и последующей выпечки хлеба.

Нормой содержания поврежденного крахмала в пшеничной муке с зольностью 0,55 % во всем мире является 5 – 9 %. Для муки с более высокой зольностью (более 0,65 %) допускается незначительное увеличение этого показателя [11].

Данные о влиянии дезинтегрирования на степень повреждения крахмальных зерен приведены в таблице 2. Исходя из полученных данных, содержание поврежденного крахмала

у продукта, прошедшего через вальцовый станок на 1-й размольной системе, на 0,84–1,04 % выше, чем содержание поврежденного крахмала у дезинтегрированного продукта. То есть, дезинтегратор оказал менее выраженное влияние на разрушение крахмальных гранул, чем вальцовый станок. Количество проходов продукта через дезинтегратор на степень разрушения крахмальных гранул не повлияло.

Способ измельчения продукта на 3 размольной системе не отразился на степени разрушения крахмальных гранул. Их содержание варьировало в диапазоне 7,94–7,51 %.

Динамика влияния способа измельчения продукта на 5 размольной системе аналогична данным, полученным с 3 размольной системы. Кроме того, содержание поврежденных крахмальных гранул у продуктов с этих двух систем существенно не различалось. Таким образом, все исследуемые образцы по содержанию поврежденного крахмала соответствовали рекомендуемому значению [11].

Главной задачей, стоящей перед мукомольным предприятием, является достижение максимально возможного выхода готовой продукции на фоне минимизации затрат, связанных с недостатками работы размольного отделения [1].

Общепринятое определение «выхода муки» – это её количество, полученное из зерна в результате помола и выраженное в процентах к массе переработанного зерна. Согласно данным, представленным на рисунке 2, применение дезинтегратора на 1 размольной системе способствовало повышению выхода муки высшего сорта на 1,4 % (образец 1) и на 2,8 % (образец 2) по сравнению с мукой этого сорта, полученной в условиях производства на вальцовом станке.

Таблица 2 – Влияние дезинтегрирования на степень повреждения крахмальных гранул
Table 2 – The effect of disintegration on the degree of damage to starch granules

Образцы продукта с разных систем		Степень разрушения крахмальных гранул, %	
1		2	
1 размольная система (р.с.)	0	3,68	
	1	6,65	
	2	5,61	
	3	5,81	
3 размольная система (р.с.)	0	5,71	
	1	7,94	
	2	7,35	
	3	7,51	

Продолжение таблицы 2 / Table 2 continued

	1	2
5 размольная система (р.с.)	0	6,99
	1	7,21
	2	7,46
	3	7,43

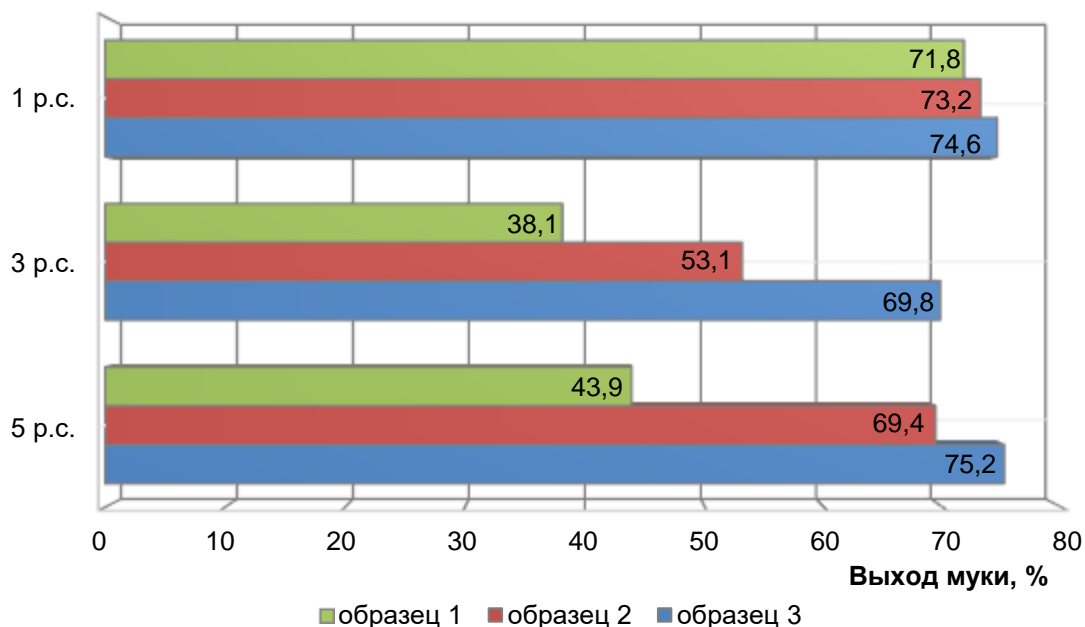


Рисунок 2 – Влияние применения дезинтегратора на выход муки
Figure 2 – The effect of using a disintegrator on the yield of flour

Дезинтегрирование муки на 3 и на 5 размольных системах привело к значительному увеличению выхода мучного продукта, что, вероятно, связано с доизмельчением отрубей, содержащихся в исходном помольном продукте. Полученные данные о выходе целевого продукта, в целом, согласуются остальными результатами эксперимента.

ВЫВОДЫ

На основании результатов проведенных исследований установлено, что применение дезинтегратора позволяет направленно изменять фракционный состав муки, в соответствии с её назначением.

При выработке пшеничной муки высшего сорта рекомендуется устанавливать дезинтегратор на 1 размольную систему, это способствует повышению выхода муки высшего сорта на 1,4 % (образец 1) и на 2,8 % (образец 2) по сравнению с выходом муки высшего сорта в условиях производства на вальцовом станке.

Таким образом, применение дезинтегратора в мукомольном производстве позволяет не только своевременно корректировать технологический процесс, повышая эффектив-

ность производства в целом, но и получать пшеничную муку высшего сорта с более высоким выходом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протопопов Д.Н., Шкарпетко В.А., Козубаева Л.А., Кузьмина С.С. Новые схемы производства муки // Ползуновский вестник. 2020. №4. С. 14-19. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.04.003.
2. Богданов В.С., Лунев А.С., Гавриленко А.В., Степанов М.А. Дезинтегратор как смеситель-механоактиватор // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сборник статей под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2015. С. 53-56.
3. Харченко Е.И., Еремеева Е.А. Обоснование подогрева зерна и воды в процессе подготовки зерна к помолу // Агропанорама. 2020. №6 (142). С. 23-27.
4. Бузоверов С.Ю., Лобанов В.И., Протасов С.Н. Интенсификация процесса увлажнения зерна перед помолом в шнековом увлажнителе // Хранение и переработка зерна. 2014. №10. С. 34-37.
5. Равшанов С., Мирзаев Ж., Мусаев Х. Влияние гидротермической обработки в повышение прочности оболочки зерна пшеницы при подготовке к сортовому помолу // Химия и химическая тех-

нология. 2020. №2 (68). С. 71-75. DOI: 10.51348/UWBU2815.

6. Титов В.А. Остроглядова Е.В. Мерзликina Н.В. Исследование процессов измельчения материалов в дезинтеграторе // Вестник КрасГАУ. 2009. №12. С. 161-164.

7. Taskarina A., Abdrahmanov E., Tusupbekova M., Tyulyubayev R. Operational analysis and the design development of the grinding equipment-disintegrator // Труды университета. 2021. № 4 (85). С. 87-92. DOI: 10.52209/1609_1825_2021_4_87.

8. Кузьмина С.С., Козубаева Л.А. Реологическое поведение теста из смеси пшеничной и ореховой муки // Ползуновский вестник. 2022. №1. С.7-14. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.001.

9. Кузьмина С.С., Козубаева Л.А., Протопопов Д.Н. Влияние механоактивации на технологические свойства муки // Ползуновский вестник. 2017. №2. С. 41-44.

10. Панкратов Г.Н. Гранулометрический состав продуктов размола // Хлебопродукты. 2015. №5. С. 46-498.

11. Петриченко В.В., Путилина С.А., Strubbe В. Вся правда о свежести // Хлебопродукты. 2021. №1. С. 22-25.

Информация об авторах

С. С. Кузьмина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Л. А. Козубаева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Е. Ю. Егорова – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Protopopov, D.N. et al. (2020). New schemes for the production of flour. *Polzunovskiy Vestnik*. (4). 14-19. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.04.003. (In Russ.).

2. Bogdanov, V.S. et al. (2015). Disintegrator as a mixer-mechanoactivator. *Energy-saving technological complexes and equipment for the production of*

building materials: interuniversity collection of articles.. Belgorod. (In Russ.).

3. Kharchenko, E.I., & Eremeeva, E.A. (2020). Rationale for heating grain and water in the process of preparing grain for grinding // *Agropanorama*. №6 (142). P. 23-27.

4. Buzoverov, S.Yu., Lobanov, V.I. & Protasov, S.N. (2014). Intensification of the process of grain moistening before grinding in a screw humidifier. *Storage and processing of grain*. (10). 34-37. (In Russ.).

5. Ravshanov, S., Mirzaev, Zh. & Musaev, H. (2020). Influence of hydrothermal treatment in increasing the strength of the wheat grain shell during preparation for varietal grinding. *Chemistry and Chemical Technology*. 2 (68). 71-75. DOI: 10.51348/UWBU2815 (in Uzbekistan).

6. Titov, V.A. Ostrogladova, E.V. & Merzlikina, N.V. (2009). Study of the processes of grinding materials in a disintegrator. *Vestnik KrasGAU*. (12). 161-164. (In Russ.).

7. Taskarina, A. et al. (2021) Operational analysis and the design development of the grinding equipment-disintegrator. *Trudy` universiteta*. 4 (85). 87-92. DOI: 10.52209/1609_1825_2021_4_87. (In Russ.).

8. Kuzmina, S.S. & Kozubaeva, L.A. (2022). Rheological behavior of dough from a mixture of wheat and nut flour. *Polzunovskiy Vestnik*. (1). 7-14. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.001. (In Russ.).

9. Kuzmina, S.S., Kozubaeva, L.A. & Protopopov, D.N. (2017). Influence of mechanoactivation on the technological properties of flour. *Polzunovskiy Vestnik*. (2). 41-44.

10. Pankratov, G.N. (2015). Granulometric composition of grinding products. *Khleboprodukty*. (5). 46-498. (In Russ.).

11. Petrichenko, V.V., Putilina, S.A. & Strubbe, B. (2021). The whole truth about freshness. *Khleboprodukty*. (1). 22-25. (In Russ.).

Information about the authors

S. S. Kuzmina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

L. A. Kozubaeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

E. Yu. Egorova – Doctor of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

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

Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 25.07.2022; принята к публикации 15.08.2022.

The article was received by the editorial board on 14 June 2022 approved after editing on 25 July 2022; accepted for publication on 15 Aug 2022.