



РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Научная статья

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

УДК 664.64.016

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.001

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И ОРЕХОВОЙ МУКИ

Светлана Сергеевна Кузьмина¹, Людмила Алексеевна Козубаева²

^{1,2} 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, <https://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

Аннотация. Мука из ореха грецкого – вторичный продукт переработки орехов при извлечении масла прессовым способом, несомненно, является ценным сырьем в производстве хлебобулочных изделий. Использование ореховой муки, содержащей 24 % жира, 14,7 % белка, 8,63 % углеводов, отразится на вязко-упругости, пластичности и других физико-механических показателях теста. В связи с этим целью работы явилось исследование технологических и реологических свойств теста из смесей пшеничной и ореховой муки. Содержание муки из ореха грецкого в смесях составляло 0 % – 15 %. Установлено, что замена части пшеничной муки на ореховую не оказала влияния на водопоглотительную способность смесей за счет значительного присутствия в муке из ореха грецкого клетчатки, нивелирующей частичную потерю клейковинообразующих белков. Следует отметить, что внесение 10 % и 15 % ореховой муки привело к получению крошащейся «не отмывающейся» клейковины на фоне снижения количественного её содержания. При анализе фаринограмм и фаринографических параметров отмечено сокращение времени образования и снижение степени разжижения теста из смеси пшеничной и ореховой муки, что свидетельствует об улучшении реологического поведения полуфабриката и повышении его устойчивости к нагрузкам, выраженной в стабильности вязкоупругих характеристик при стандартном механическом воздействии. Суммируя благоприятное влияние муки из ореха грецкого на реологическое поведение теста, следует заключить, что ореховую муку можно сочетать с пшеничной мукой в разных комбинациях и применять в составе сложных пищевых систем.

Ключевые слова: мука из ореха грецкого, мучная смесь, технологические свойства, реологическое поведение, фаринограф, фаринографические параметры.

Для цитирования: 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.

Original article

RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF DOUGH FROM MIXTURE OF WHEAT AND NUT FLOUR

Svetlana S. Kuzmina¹, Ludmila A. Kozubaeva²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

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

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

© Кузьмина, С. С., Козубаева, Л. А., 2022

Abstract. Walnut flour – a secondary product of nut processing when extracting oil by pressing is undoubtedly a valuable raw material in the production of bakery products. The use of nut flour containing 24 % fat, 14.7 % protein, 8.63 % carbohydrates will undoubtedly affect the visco-elasticity, plasticity and other physical and mechanical parameters of the dough. In this regard, the purpose of the work was to study the technological and rheological properties of dough from mixtures of wheat and nut flour. The content of walnut flour in the mixtures was 0-15 %. It was found that the replacement of wheat flour with nut flour did not affect the water absorption capacity of the mixtures, but at a dosage of 10 % and 15 % led to the production of crumbling «non-washing» gluten. When analyzing the pharynograms and pharynographic parameters, a reduction in the formation time and a decrease in the degree of liquefaction of the dough from a mixture of wheat and nut flour was noted, which indicates an improvement in the rheological behavior of the semi-finished product and an increase in its resistance to loads, expressed in the stability of visco-elastic characteristics under standard mechanical action.

Keywords: walnut flour, flour mixture, technological properties, rheological behavior, farinograph, farinographic parameters.

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

ВВЕДЕНИЕ

Богатый ассортимент мучных изделий, в том числе булочных, и перечень добавок, включаемых в рецептуру в качестве обогащающих или попросту приводящих к получению новых наименований продукции, вызывает позитивный отклик у потребителей. Грецкий орех и мука из грецкого ореха в ряду функциональных добавок занимает далеко не последнее место [1].

Сырьем для получения муки из ореха грецкого служит жмых, являющийся вторичным продуктом переработки орехов в ходе извлечения масла прессовым способом. Уникальность ореховой муки обусловлена сохранением в ее составе всех важных макро- и микронутриентов исходного сырья. Даже после извлечения высокоценного масла мука из ореха грецкого содержит до 24 % жира. Помимо этого, присутствие 14,7 % белка, 8,63 % углеводов, представленных как растворимой, так и нерастворимой фракциями пищевых волокон, широкий спектр витаминов и минеральных веществ определяет широкие возможности использования этой муки в технологии хлебобулочных изделий [2–5].

Применение муки из ореха грецкого, несомненно, будет способствовать продвижению продукции на потребительском рынке.

Объективная оценка качества пищевого сырья и полуфабрикатов имеет высокую значимость при производстве продуктов питания.

Комплексное изучение физико-механических параметров, характеризующих поведенческие особенности пищевых масс при воздействии механических нагрузок, позволит получить продукт высокого качества.

Разнообразие реологических свойств, присущих пищевому сырью, полуфабрикатам, получаемым из них, готовым продуктам диктует необходимость рассматривать целый комплекс задействованных факторов, акцентируя внимание на химическом составе сырья, интенсивности и продолжительности механического и теплового воздействия.

Комбинирование различных сочетаний технологических приемов, аспектов, особенностей сырьевых характеристик позволит предвидеть реологическое поведение пищевой системы в течение всего процесса производства, в полной мере оценить и спрогнозировать его на всех этапах приготовления хлебобулочных изделий [6] и получить готовый к употреблению продукт заранее заданного постоянного качества.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

Реологическое поведение теста из смеси пшеничной и ореховой муки исследовали с помощью фаринографа фирмы ООО «Брабиндер» на основе методики измерения, поэтапно представленной в ГОСТ ISO 5530-1-2013 и позволяющей использовать единообразный алгоритм исследования муки в любой лаборатории [7, 8].

Изучение технологических свойств мучных смесей проводили с применением стандартных и отраслевых методов.

В качестве объектов исследований использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (ГОСТ 26574-2017) производства ЗАО «Алейскзернопродукт» им. С. Н. Старовойтова (Россия, Алтайский край, г. Алейск) и муку из ореха грецкого (СТО 33974444-011-ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

16) производства ООО «Специалист» (Россия, Алтайский край, г. Бийск).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевые хлебопекарные параметры смеси оценивали по водопоглотительной способности (ВПС) и вязкоупругой характеристике теста при стандартном механическом воздействии.

Водопоглотительная способность муки в большей степени является технологическим параметром, однако именно эта характеристика оказывает решающее влияние на консистенцию и, следовательно, на реологию теста. Определяющее воздействие ВПС муки оказывает на комплексный показатель – «машинабельность» теста на линии: его готовность к формованию, проявление адгезионных свойств, формирование структуры мякиша и, как следствие, конечного объема и потребительского качества хлебобулочных изделий [9].

Вязко-упругость и пластичность характерны для высокомолекулярных синтезированных систем, состоящих из совокупности растительных полимеров: белков и крахмала. Физическая модель теста из муки и воды – это «коллоид капиллярно пористый», присущий структуре хлебопекарного теста и редко встречающийся в других системах [6].

На начальном этапе в работе изучали технологические свойства смеси из пшеничной и ореховой муки (*далее по тексту* мучная смесь), полученной путем замена части пшеничной муки высшего сорта на муку из ореха грецкого в количестве от 0 % до 15 %.

Содержание применяемой ореховой муки в смеси ограничивается наличием в продукте околоядровой пленки, удаление которой не предусмотрено в технологии переработки ореха. В результате ореховая мука обладает свойственным, слегка вязущим вкусом грецкого ореха с характерной горечью [10].

Технологические свойства смеси пшеничной и ореховой муки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические свойства смеси пшеничной и ореховой муки

Table 1 - Technological properties of a mixture of wheat and nut flour

Наименование показателя	Значение показателя			
	количество муки из ореха грецкого, %			
	0	5	10	15
Влажность, %	13,1	12,8	12,5	12,1
Кислотность, град	3,2	5,2	7,0	7,9
Количество клейковины, %	28,2	27,0	–	–
Качество клейковины, условных единиц прибора ИДК	65 (I группа)	75 (I группа)	–	–
Характеристика клейковины	Средняя (хорошая)		Неотмываемая	

На фоне закономерного изменения влажности и кислотности мучных смесей, определенных более низкой влажностью и более высокой кислотностью ореховой муки по сравнению с пшеничной, наблюдается выраженное ухудшение качественных характеристик клейковины.

Обоснованием полученных результатов является тот факт, что в белковых фракциях ореховой муки, в том числе в муке из ореха грецкого, отсутствуют клейковинообразующие соединения, являющиеся основой при формировании развитой пористой структуры хлебобулочных изделий [2–4, 11, 12].

Следует отметить, что эквивалентная замена 10 % и 15 % пшеничной муки на орехо-

вую привела к получению крошащейся клейковины, характеризующейся как «неотмываемая». При этом из исследуемых смесей не удалось отмыть необходимого для определения количества клейковины.

В процессе приготовления булочных изделий происходит ряд технологических операций, вызывающих деформацию полуфабриката на всех этапах производства.

При замесе теста осуществляется усиленное взаимодействие компонентов коллоидной системой до получения однородной гомогенной массы. Значительный вклад в структурообразование вносит вода, выступающая как рецептурный компонент и как основной растворитель.

Реологическое поведение теста напрямую зависит от присутствия влаги и формы ее связи с белками, соотношения между количеством прочно- и слабосвязанной влаги [13].

С научной позиции замес теста – это процесс структурообразования в дисперсной системе за счет взаимодействия тонкодисперсного сыпучего материала и жидких компонентов под действием механических сил [14]. Особую роль в формировании теста играют белки, претерпевающие структурные изменения, вызванные диффузией воды в частицу муки с последующим образованием в тесте губчато-сетчатой основы, обуславливающей специфические реологические свойства, присущие ей: упругость, пластичность и вязкость.

Оценку реологического поведения теста из смеси пшеничной и ореховой муки осуществляли по данным фаринограммы при достижении стандартной консистенции теста, соответствующей 500 условным единицам. При этом требуемое количество воды сопоставимо с показателем водопоглотительной способности муки.

Фаринографические параметры теста из смеси пшеничной и ореховой муки представлены в таблице 2.

Присутствие ореховой муки в смеси не оказало влияния на ВПС, значение которой сохранилось на уровне 53 %, практически соответствуя уровню ВПС пшеничной муки – 55 %.

Уменьшение доли клейковинообразующих белков в смеси оказало влияние на время образования теста, которое постепенно снижалось с возрастанием процентного содержания муки из ореха грецкого.

По сравнению с известными методиками, на фаринографе «силу» муки определяют по совокупности нескольких характеристик:

- а) стабильности / устойчивости теста;
- б) степени разжижения;

г) степени качества по фаринографу – FQN [9].

Показатель «степень качества по фаринографу» используют для получения объективной картины при сравнении результатов исследования. Оценка этого показателя осуществляется по горизонтальной оси от начала замешивания до момента, когда консистенция снизится от уровня максимальной точки середины кривой на 30 ЕФ. Существует высокая корреляция показателя качества с устойчивостью теста при замесе и степенью разжижения [8].

Сравнивая графики, полученные при испытании мучных смесей, можно объединить по группам относительно похожие по реологическому поведению образцы. В первой группе условно объединены образец муки пшеничной и смесь пшеничной и ореховой муки в соотношении 95 % : 5 %, в то время как во второй группе – относительно похожие по «силе» смесь с содержанием 10 % ореховой муки и смесь с 15 % муки из ореха грецкого.

Ориентируясь на значения стабильности / устойчивости теста, резюмируем, что смеси, условно относящиеся к первой группе, соответствуют средней по «силе» муке, а смеси, относящиеся ко второй группе, – к сильной по «силе» муке («слабая» – обычно 2–3 мин, «сильная» – 12–15 мин и больше [9]).

Таблица 2 – Фаринографические параметры теста из смеси пшеничной и ореховой муки

Table 2 - Pharynographic parameters of the dough from a mixture of wheat and nut flour

Наименование показателя	Значение показателя / Количество муки из ореха грецкого, %			
	0	5	10	15
Время образования теста, мин	3,6	2,5	1,5	1,8
Устойчивость теста к замесу, мин	4,4	7,4	14,4	18,0
Степень разжижения теста через 10 мин после старта, Е.Ф.	57	51	31	32
Степень разжижения теста через 12 мин после максимума, Е.Ф.	77	67	45	31
Степень разжижения теста через 20 мин после старта, Е.Ф.	100	78	69	51
Коэффициент качества фаринографа, мм	52	56	46	46
Водопоглотительная способность, %	55,0	53,5	53,0	52,7

Такое реологическое поведение теста можно объяснить, с одной стороны, особенностями набухания частиц ореховой муки и фактом наличия в ней ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой и линоленовой) [10], оказывающих сильное укрепляющее действие на клейковину пшеничной муки [15], а, с другой стороны, присутствие большого количества растительного жира, облегчающего растяжение структурных элементов теста – его белкового каркаса и включенных в него зерен крахмала [16].

В соответствии со стандартным методом определения качества пшеничной муки на фаринографе [8] степень разжижения теста исследуют через 10 минут после старта, через 12 минут после достижения максимума и в конце исследования, а именно через 20 минут после старта.

В ходе исследования было отмечено, что степень разжижения теста из пшеничной муки и смеси пшеничной и 5 % ореховой варьирует в диапазоне 57–51 Е.Ф., в то время как этот показатель у теста из смеси пшеничной и 10 % ореховой муки, а также пшеничной и 15 % ореховой муки держится на отметке 31–32 Е.Ф.

Снижение степени разжижения теста свидетельствует об улучшении реологического поведения теста с мукой из ореха грецкого, выраженного в стабильности вязкоупругих характеристик при стандартном механическом воздействии.

Положительное влияние ореховой муки на степень разжижения теста прослеживается как при изучении данных фаринограммы, полученных через 12 минут после достижения максимума, так и через 20 минут после старта.

Исследование реологического поведения мучных смесей важно проводить не только путем оценивания результатов исследования, но и ориентироваться на поведение кривых – фаринограмм.

Реологическое поведение теста из пшеничной и ореховой муки представлено на рисунках 1–4.

Фаринограммы, представленные на рисунках 1 и 2, демонстрируют естественную пологость кривых, характеризующую поведение обычной пшеничной муки. При этом четко прослеживаются этапы образования теста (пик максимальной консистенции в начале замешивания), стабильности теста и его разжижения вследствие фрагментируемости глютеиновых жгутиков.

Другая картина наблюдается при рассмотрении кривых, отражающих поведение теста из смесей, отнесенных ко второму варианту. Резкое снижение кривой после отметки максимальной консистенции в периоде устойчивости теста означает, что клейковинные связи быстро разрушаются.

Несомненно, этому способствовала и частичная замена в смеси пшеничной муки, обладающей клейковинообразующими белками, и относительно крупные частицы ореховой муки, требующие большего времени для набухания. Последующее снижение фаринограммы замедляется и держится примерно на одном уровне.

Такая особенность поведения кривой характерна в случаях внесения компонента, имеющего высокую набухающую способность. К такому компоненту относится мука из ореха грецкого, добавление которого в мучную смесь позволило стабилизировать тесто в период его разжижения.

Следует отметить, что наличие в ореховой муке клетчатки нивелирует отсутствие клейковинообразующих белков, что позволяет сохранять величину водопоглотительной способности (в пределах 52,7 % – 53,5 %) на одном уровне с пшеничной мукой.

Следует обратить внимание на ширину кривой, которая дает четкое представление об эластичности / растяжимости теста. Эластичность теста напрямую коррелирует с качеством хлебобулочных изделий. Чем шире кривая, тем больше оснований получить изделие хорошего объема. Рассматривая кривые, полученные при испытании теста из пшеничной муки и смеси пшеничной и 5 % ореховой муки, видим, что полоса имеет достаточную ширину в периоде устойчивости теста и к концу исследования наблюдается закономерное её сужение, свидетельствующее о потере эластичности.

Противоположное поведение прослеживается у кривых, полученных из смеси пшеничной и 10 % ореховой муки, а также из смеси пшеничной и 15 % ореховой муки. Ширина полосы в период устойчивости формируется небольшой амплитудой пера самописца прибора, свидетельствуя о недостаточной эластичности теста, и увеличение амплитуды пера практически в 2 раза отмечается на протяжении всего периода разжижения теста.

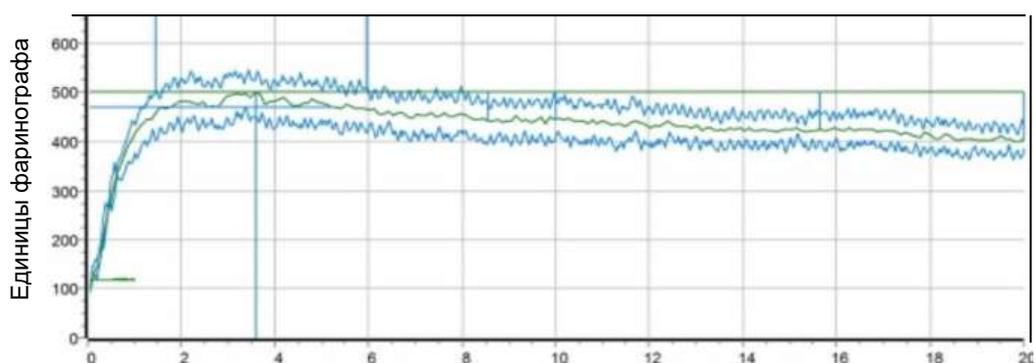


Рисунок 1 – Фаринограмма пшеничной муки высшего сорта

Figure 1 - Farinogram of wheat flour of the highest grade

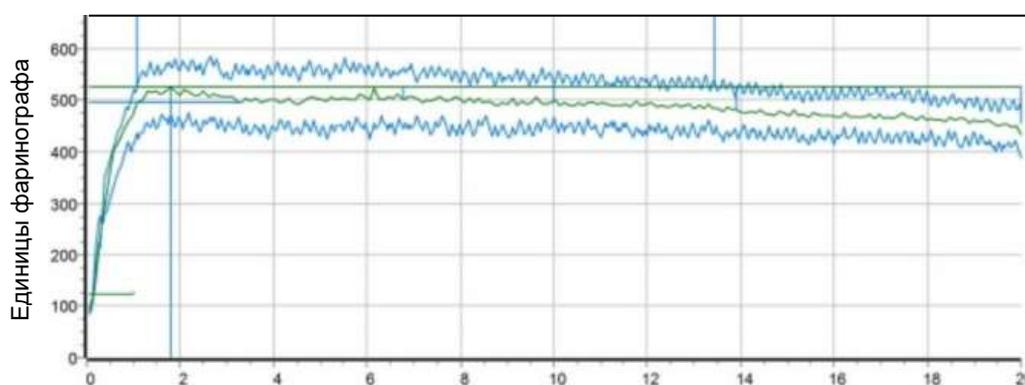


Рисунок 2 – Фаринограмма смеси пшеничной муки и 5 % муки из ореха грецкого

Figure 2 - Farinogram of a mixture of wheat flour and 5 % walnut flour

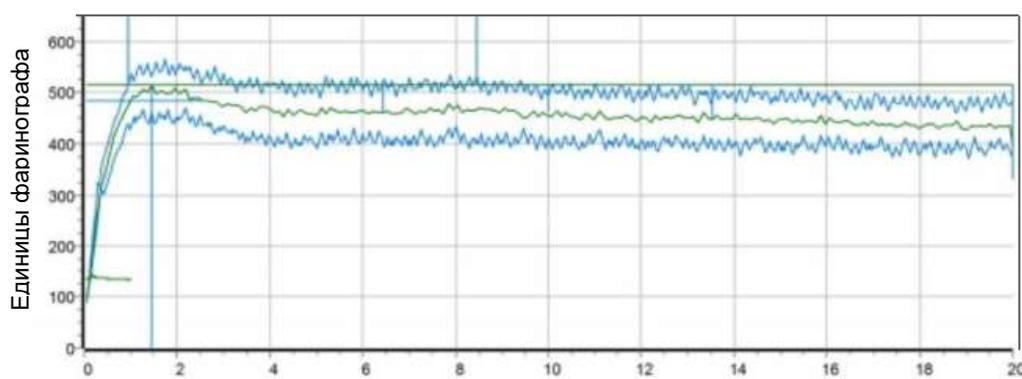


Рисунок 3 – Фаринограмма смеси пшеничной муки и 10 % муки из ореха грецкого

Figure 3 - Farinogram of a mixture of wheat flour and 10 % walnut flour

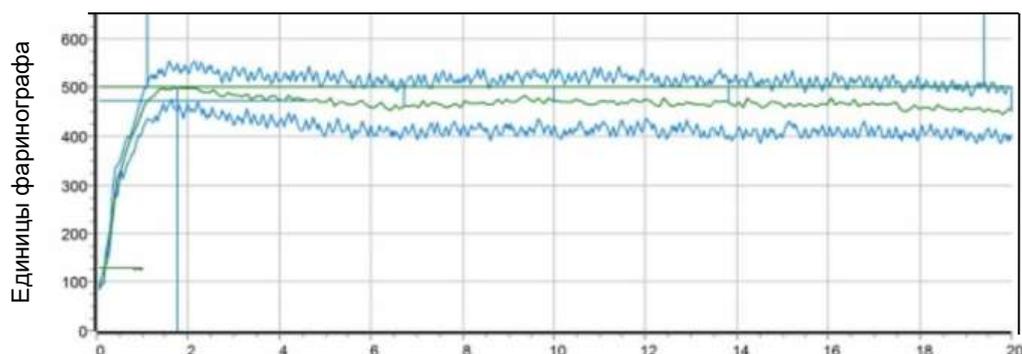


Рисунок 4 – Фаринограмма смеси пшеничной муки и 15 % муки из ореха грецкого

Figure 4 - Farinogram of a mixture of wheat flour and 15 % walnut flour

ВЫВОДЫ

Обобщая результаты исследования реологического поведения теста из смеси пшеничной и ореховой муки, можно резюмировать, что мука из ореха грецкого оказала существенное влияние на количественные и качественные показатели клейковины в изучаемых мучных смесях. Положительный эффект от присутствия в мучной смеси муки из ореха грецкого проявляется в ходе технологического процесса, способствуя:

- повышению устойчивости теста к механическим нагрузкам при замесе, нивелируя деформационные проявления;
- увеличению вязкости и эластичности, приводящие к интенсификации работы оборудования при разделке и формовании тестовых заготовок.

Суммируя благоприятное влияние муки из ореха грецкого на реологическое поведение теста, следует заключить, что ореховую муку можно сочетать с пшеничной мукой в разных комбинациях и применять в составе сложных пищевых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бец Ю.А., Наумова Н.Л., Минашина И.Н. Функциональные компоненты нетрадиционного сырья в рецептуре хлебобулочных изделий // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2021. № 1(31). С. 7–13. doi: 10.31677/2072-6724-2021-31-1-7-13.
2. Naumova N.L., Kameneva K.S. & Shevieva K.V. (2020). About the possibility of modifying the recipe of «FITNESS» buckwheat bread by using walnut flour // *Современная наука и инновации*. № 2 (30). С. 66–72 (In Russ.). doi: 10.33236/2307-910X-2020-2-30-66-72.
3. Наумова Н.Л., Велисевич Е.А. Качество и пищевая ценность муки из ореха грецкого // *Modern Science*. 2021. № 10–2. С. 23–27.
4. Зайцева Т.Н., Ходакова Е.Е., Мироманова Ю.В. Физико-химические показатели теста для мучных кулинарных изделий, обогащенного мукой грецкого ореха // *Молодой ученый*. 2016. № 12 (116). С. 275–278.

5. Кузьмина С.С., Купцова Н.И. Использование муки из ореха грецкого в технологии булочных изделий // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы XIV всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 90-летию академика Саковича Г.В.* Бийск, 2021. С. 409–412.

6. Панков Ю.В., Минухин Л.А. Имитационное моделирование цепочной структуры и реологического поведения теста системы мука–вода при силовом воздействии // *Научно-технический вестник: Технические системы в АПК*. 2020. № 1 (6). С. 28–41.

7. ГОСТ ISO 5530-1-2013 Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа : введ. 2014-01-01. Москва, 2019. 12 с.

8. Стандартный метод определения качества пшеничной муки на фаринографе / В.Г. Лошаков, Н.М. Личко, Ф. Эльмер, М.Ш. Бегаулов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2002. Выпуск 4. С. 153–158.

9. Хадиулин Р. Практикум по чтению фаринограмм при исследовании параметров муки // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2019. № 7–8 (182). С. 20–25.

10. Васипов В.В., Вытовтов А.А. Обоснование использования муки из жмыха грецкого ореха (*Juglans regia L.*) в рецептуре мучных кондитерских и хлебобулочных изделий специализированного назначения // *Пищевые инновации и биотехнологии: Материалы IV Международной научной конференции*. 2016. С. 42–45.

11. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий / Л.В. Зайцева [и др.] // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. № 1. С. 77–85. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009.

12. Гайсина В.А., Козубаева Л.А., Кузьмина С.С. Особенности реологических свойств теста с подсолнечной и кедровой мукой // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2016. № 1. С. 96–100. Doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-96-100.

13. Коган В.В., Семенова Л.Э. Инженерная реология в пищевой промышленности // *Вестник Астра-*

ханского государственного технического университета. Серия : Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 147–156. Doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-147-156.

14. Руднев С.Д., Иванов В.В., Крюк Р.В. Совершенствование процесса структурообразования теста пшеничного // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 149–161. Doi: 10.24411/2072-0920-2019-10115.

15. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки : учебник. Москва : Агропромиздат, 1989. 367 с.

16. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства : учебник / под общ. ред. Л.И. Пучковой. СПб. : Профессия, 2003. 416 с.

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.

REFERENCES

1. Betz, Yu.A., Naumova, N.L. & Minashina, I.N. (2021). Functional components of non-traditional raw materials in the recipe of bakery products. *Innovations and food security*. (1 (31)). 7-13. (In Russ.). doi:10.31677/2072-6724-2021-31-1-7-13.

2. Naumova, N.L., Kameneva, K.S. & Sheviev, V.K. (2020). About the possibility of modifying the recipe of "FITNESS" buckwheat bread by using walnut flour. *Modern science and innovation*. (2 (30)). 66-72. (In Russ.).

3. Naumova, N.L. & Velisevich, E.A. (2021). Quality and food sites flour walnut. *Modern Science*. (10-2). 23-27. (In Russ.).

4. Zaytseva, T.N., Khodakova, E.E. & Miromanova, Y.V. (2016). Physico-chemical parameters of the dough for flour culinary products enriched with walnut flour. *Young scientist*. (12 (116)). 275-278. (In Russ.).

5. Kuzmina, S.S. & Kuptsova, N.I. The use of walnut flour in the technology of bakery products. *Materials of the XIV All-Russian Scientific and Practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, dedicated to the 90th anniversary of Academician Sakovich G.V. «Technologies and equipment of chemical, biotechnological and the food industry»*. Biysk. (In Russ.).

6. Pankov, Y.V. & Minukhin, L.A. (2020). Simulating model of chain structure and rheological behavior of the test of the flour-water system under forced influence. *Scientific and technical journal: the Technical system in agriculture*. (1 (6)). 28-41. (In Russ.).

7. Wheat flour. Physical characteristics of the test Part 1. Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph. (2019). ГОСТ ISO

5530-1-2013. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

8. Loshakov, V.G., Lichko, N.M., Ellmer, F. & Begeulov, M.Sh. (2002). The standard method for determining the quality of wheat flour on a farinograph. *Izvestiya Timiryazevskaya Agricultural Academy*. (4). 153-158. (In Russ.).

9. Khadiulin, R. Practicum on reading pharynograms in the study of flour parameters // Confectionery and bakery production. 2019. No. 7-8 (182). P. 20-25. (In Russ.).

10. Vasipov, V.V. & Vitovtov, A.A. Rationale for the use of flour from the cake walnut (*Juglansregia L.*) recipe flour confectionery and bakery products in specialized assignments. *Proceedings of the IV International scientific conference «Food innovation and biotechnology»*. (Ed.). Kemerovo. (In Russ.).

11. Zaytseva, L.V., Yudina, T.A., Ruban, N.V., Bessonov, V.V. & Mekhtiev, V.S. Modern approaches to the development of gluten-free bakery production // *Questions of nutrition*. (2020). Vol. 89, (1). 77-85. (In Russ.). doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009.

12. Gaysina, V.A., Kozubaeva, L.A. & Kuzmina, S.S. Features of the rheological properties of dough with sunflower and cedar flour // *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*. [Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies]. 2016. (1). 96-100. (In Russ.). doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-96-100.

13. Kogan, V.V. & Semenova, L.E. Engineering rheology in food industry / *Vestnik of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. (2019). (4). 147-156. (In Russ.). Doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-147-156.

14. Rudnev, S.D., Ivanov, V.V. & Kryuk, R.V. (2019). Improvement of wheat dough structuring process // *Novye tehnologii*. (1(47)). 149-161. (In Russ., English abstract). doi: 10.24411/2072-0920-2019-10115.

15. Kazakov, E.D. & Kretovich, V.L. (1989). Biochemistry of grain and its processed products: textbook. Moscow: Agropromizdat. (In Russ.).

16. Auerman, L.Ya. (2003). Technology of bakery production: textbook / under the general editorship of L.I. Puchkova. St. Petersburg: Profession. (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.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 26.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 26 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.