



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК664.681:641.1:532.135
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.008



УПРАВЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ТЕСТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ

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

^{1, 2, 3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ cosubaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

² svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

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

Аннотация. Решение проблем импортозамещения в пищевой промышленности связано, прежде всего, с разработкой и производством продуктов специализированного назначения – безглюкозных, безлактозных, безглютеновых и других. Печенье, как одна из самых востребованных и конкурентоспособных ассортиментных позиций в структуре мучных кондитерских изделий, относится к числу наиболее перспективных в плане возможностей модификации рецептуры и технологии, например, для производства безглютеновых изделий. Однако отсутствии в безглютеновой муке клейковинных белков, обеспечивающих упруго-пластичные свойства пшеничного теста, ставит перед технологами задачу изучения и прогнозирования реологического поведения теста в зависимости от определенных технологических параметров. Целью исследования являлось обоснование влажности безглютенового теста, способной обеспечить необходимые реологические свойства теста для сдобного печенья. Объектами исследования в работе служили пробы теста, приготовленного по модифицированной рецептуре сдобного песочно-отсадного печенья, с заменой пшеничной муки на рисовую или кукурузную, в режиме варьирования влажности теста. Анализ структурно-механических свойств теста осуществляли с помощью информационно-измерительной системы прибора «Структурометр СТ-2» по общей, пластической и упругой деформации. Анализ данных структурограмм показывает, что повышение доли влаги в тесте из рисовой муки до 19,1 % обеспечивает пластичность, сопоставимую с пластичностью теста из пшеничной муки высшего сорта стандартной влажностью 18 % (пластичность 0,95). Тесто из кукурузной муки при доведении влажности до 20 % становится сопоставимым по пластичности с тестом из пшеничной муки влажностью 19 % (0,98). С учетом экспериментальных данных при приготовлении безглютенового теста для производства сдобного печенья при использовании рисовой муки можно рекомендовать замес теста влажностью 19 %, для кукурузной муки – 20 %.

Ключевые слова: безглютеновые продукты, сдобное печенье, качество, рисовая мука, кукурузная мука, песочное тесто, реология, Структурометр, водоудерживающая способность.

Для цитирования: Кузьмина С. С., Козубаева Л. А., Егорова Е. Ю. Управление реологическими свойствами теста для обеспечения качества безглютенового печенья // Ползуновский вестник. 2023. № 2. С. 60–66. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.008. EDN: <https://elibrary.ru/XHGIMB>.

Original article

© Кузьмина С. С., Козубаева Е. Ю., Егорова Е. Ю., 2023

CONTROL OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE DOUGH TO ENSURE THE QUALITY OF GLUTEN-FREE COOKIES

Svetlana S. Kuzmina ¹, Ludmila A. Kozubaeva ², Elena Yu. Egorova ³

^{1, 2, 3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ cosubaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

² svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

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

Abstract. *The solution of import substitution problems in the food industry is primarily related to the development and production of specialized products – glucose-free, lactose-free, gluten-free and others. Cookies, as one of the most popular and competitive assortment positions in the structure of flour confectionery products, are among the most promising in terms of the possibilities of modifying the recipe and technology, for example, for the production of gluten-free products. However, the absence of gluten-free proteins in gluten-free flour, which provide elastic-plastic properties of wheat dough, sets technologists the task of studying and predicting the rheological behavior of the dough depending on certain technological parameters. The purpose of the study was to substantiate the moisture content of gluten-free dough, capable of providing the necessary rheological properties of the dough for butter cookies. The objects of research in the work were samples of dough prepared according to a modified recipe of sweet shortbread cookies, with the replacement of wheat flour with rice or corn flour, in the mode of varying the moisture content of the dough. The analysis of the structural and mechanical properties of the test was carried out using the information and measuring system of the device "Structurometer ST-2", according to general, plastic and elastic deformation. The analysis of these structural diagrams shows that an increase in the proportion of moisture in the rice flour dough from up to 19.1% provides plasticity comparable to the plasticity of the dough from wheat flour of the highest grade with a standard humidity of 18% (plasticity 0.95). Corn flour dough, when the humidity is brought to 20%, becomes comparable in plastiness with wheat flour dough with a humidity of 19% (0.98). Taking into account experimental data, when preparing gluten-free dough for the production of butter cookies using rice flour, it is possible to recommend kneading dough with a moisture content of 19%, for corn flour – 20%.*

Keywords: *gluten-free products, butter cookies, quality, rice flour, corn flour, shortbread dough, rheology, Structurometer, water-holding capacity.*

For citation: Kuzmina, S.S., Kozubaeva, L.A. & Egorova, E.Yu. (2023). Control of rheological properties of the dough to ensure the quality of gluten-free cookies. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 60-66. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.008. EDN: <https://elibrary.ru/XHGIMB>.

ВВЕДЕНИЕ

Потребительские свойства большинства видов мучных кондитерских изделий – намокаемость, плотность или рассыпчатость, усвояемость и другие – во многом определяются технологическими свойствами теста. Основные изменения структуры производства мучных кондитерских изделий, связанные с решением задач импортозамещения [1] и расширением ассортимента вырабатываемой продукции специализированного назначения [2], подводят промышленные предприятия к необходимости привлечения нетрадиционных для кондитерского производства видов мучного сырья, в том числе к частичному или полному переходу на безглютеновые виды муки [3].

Для производства мучных кондитерских изделий в России характерна замедленная динамика [4]. Печенье многие годы сохраняет

свои позиции на потребительском рынке благодаря возможности длительного хранения и оптимальному соотношению органолептических показателей и цены [4, 5]. Согласно официальным прогнозам, в ближайшие годы положительная динамика сохранится и продажи печенья продолжат расти [5].

Расширение ассортимента печенья путем разработки изделий без глютена сопряжено со значительными рисками для производителя, поскольку особенности формирования теста на основе безглютенового сырья связаны с отсутствием клейковинных белков, определяющих характерные структурно-механические свойства теста. Таким образом, одной из важнейших технологических задач при разработке новых наименований безглютеновых изделий является обеспечение текстуры

теста и готовых изделий, максимально приближенных к характеристикам теста и изделий из пшеничной муки.

К факторам, определяющим технологические свойства теста и качество готовой продукции, относят состав сырья и параметры замеса. Основным структурообразующим сырьем в тесте для мучных кондитерских изделий стандартных рецептур является пшеничная мука. При производстве безглютеновых изделий наиболее часто используют рисовую и кукурузную муку.

Реологические характеристики теста, позволяющие ему легко воспринимать внешнее воздействие и сохранять заданную форму, – пластичность и вязкость – зависят от содержания в тесте белков, воды и жиров. В тесте на основе пшеничной муки пластичность обеспечивается фракционным составом белков (наличием клейковины) и их соотношением с крахмалом.

Ведущим компонентом в безглютеновом сырье выступает крахмал, не способный образовывать связную упруго-пластичную массу теста. Одним из основных параметров, определяющим реологическое поведение сдобного безглютенового теста, является его влажность. Соответственно, разные виды безглютеновых изделий требуют индивидуального подхода в установлении требуемой влажности теста.

Оптимальная величина влажности теста зависит от состава и свойств используемого сырья. В частности, немаловажной в структурообразовании теста в условиях кондитерского производства считается обусловленная свойствами белков и крахмала водопоглотительная способность муки.

С учетом того, что выявление общих закономерностей изменения свойств теста в зависимости от влажности позволяет прогнозировать его поведение, тем самым давая возможность управлять качеством безглютеновых кондитерских изделий, целью представленной работы стало обоснование такой влажности безглютенового теста на основе рисовой и кукурузной муки, которая обеспечит необходимые реологические свойства теста для сдобного печенья.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования в работе служили пробы теста, приготовленного по модифицированной рецептуре сдобного песочного отсадного печенья [6] с заменой пшеничной муки на рисовую либо кукурузную и варьированием влажности теста.

Для замеса теста использована рисовая

мука ТМ «Селяночка», произведенная по СТО 53548590-019-2013 (ООО «Хлебзернопродукт», г. Таганрог) и кукурузная мука ТМ «Пудовъ», произведенная по СТО 53548590-018-2013 (ООО «Хлебзернопродукт», г. Таганрог). Замес теста осуществляли на тестомесилке лабораторной У1-ЕТВ. В качестве контроля использовали образцы теста, приготовленного из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

Влажность теста контролировали с использованием электровлажгомера Чижовой ПЧ-МЦТ, интервал исследуемых значений влажности 18–20 % задан с учетом принятых в отрасли пределов влажности для песочного теста (рекомендуемая – 18,5–19 %, более высокая влажность теста ведет, как правило, к ухудшению качества изделий, повышению адгезии теста и увеличению доли брака при формовании).

Анализ структурно-механических свойств теста осуществляли с помощью информационно-измерительной системы прибора «Структурометр СТ-2» с использованием индентора «Цилиндр 5». При выборе методики и индентора основывались на особенностях структуры теста из безглютенового сырья. Для анализа реологических свойств теста определяли общую (Нобщ), пластическую (Нпл) и упругую (Нупр) деформацию.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Величина передаваемого индентором усилия нагружения отражает особенности нагружения технологического оборудования при формовании тестовых заготовок: чем плотнее тесто, тем больше величина прилагаемого усилия при погружении формующего ротора в тесто и отсадке печенья, тем выше износ технологического оборудования.

Анализ данных структурограмм, полученных в ходе нагружения теста из пшеничной и безглютеновых видов муки, показывает, что усилие нагружения индентора, прилагаемое к тесту влажностью около 18 %, в 1,4–2,4 раза выше по сравнению с усилием нагружения индентора, погружаемого в тесто влажностью 19 % и 20 %, соответственно.

Сравнение реологических профилей теста из рисовой и кукурузной муки показывает, что повышение влажности теста из безглютеновой муки сопровождается существенным снижением усилия нагружения, при этом наиболее выраженное снижение отмечается при исследовании теста из кукурузной муки.

В целом, для безглютенового теста считается характерным признаком пониженная упругость [7, 8]. Тесто для сахарного и песочного печенья, позволяющее обеспечить задаваемые

УПРАВЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ТЕСТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ

формирующим оборудованием форму и рельеф изделий, должно быть пластично-вязким, с пластичностью, близкой к 1. Повышение доли влаги в тесте из рисовой муки от 17,8 % (пластичность 0,86) до 19,1 % (пластичность 0,94) обеспечивает пластичность, в целом, сопоставимую с пластичностью теста из пшеничной муки высшего сорта стандартной влажностью 18 % (пластичность 0,95).

Тесто из кукурузной муки – изначально менее «прочное», что может быть обусловлено специфичным составом углеводов (выше содержание крахмала и сахаров, последних – в 2,5–3 раза по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта и примерно в 2

раза по сравнению с рисовой мукой [9]). При повышении влажности до 20 % тесто из кукурузной муки становится сопоставимым по пластичности с тестом из пшеничной муки влажностью 19 % (0,98), из чего можно заключить, что свойства сахаров и крахмала кукурузной муки способны в определенной степени «нивелировать» разницу в проявлении упруго-пластичных свойств теста.

Выявленные изменения реологического поведения теста принято связывать с изменением химического состава теста, а именно с изменением состава и соотношения белкови углеводов [10].

Таблица 1 – Деформационные характеристики теста из пшеничной муки

Table 1 – Deformation characteristics of wheat flour dough

Влажность теста, %	Усилие нагружения (Fmax)	Общая деформация (Нобщ), мм	Пластическая деформация (Нпл), мм	Упругая деформация (Нупр), мм	Пластичность (Нпл/Нmax)
18,0	821,4	7,460	7,069	0,391	0,95
19,0	688,5	13,531	13,219	0,312	0,98
20,0	571,8	14,906	14,641	0,265	0,98

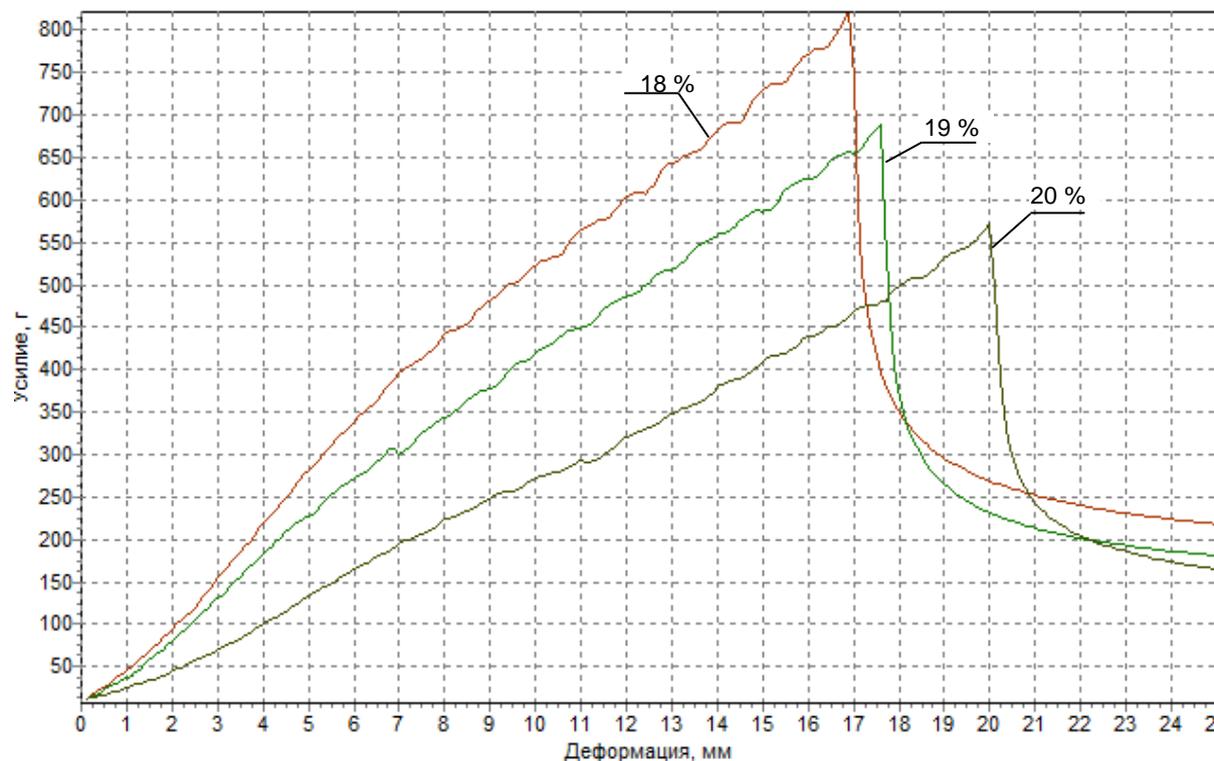


Рисунок 1 – Изменение усилия нагружения теста из пшеничной муки в зависимости от его влажности (18,0 %, 19,0 %, 20,0 %) и величины деформации

Figure 1 – Change in the loading force of the corn flour dough depending on its humidity (18.0 %, 19.0 %, 20.0 %) and the amount of deformation

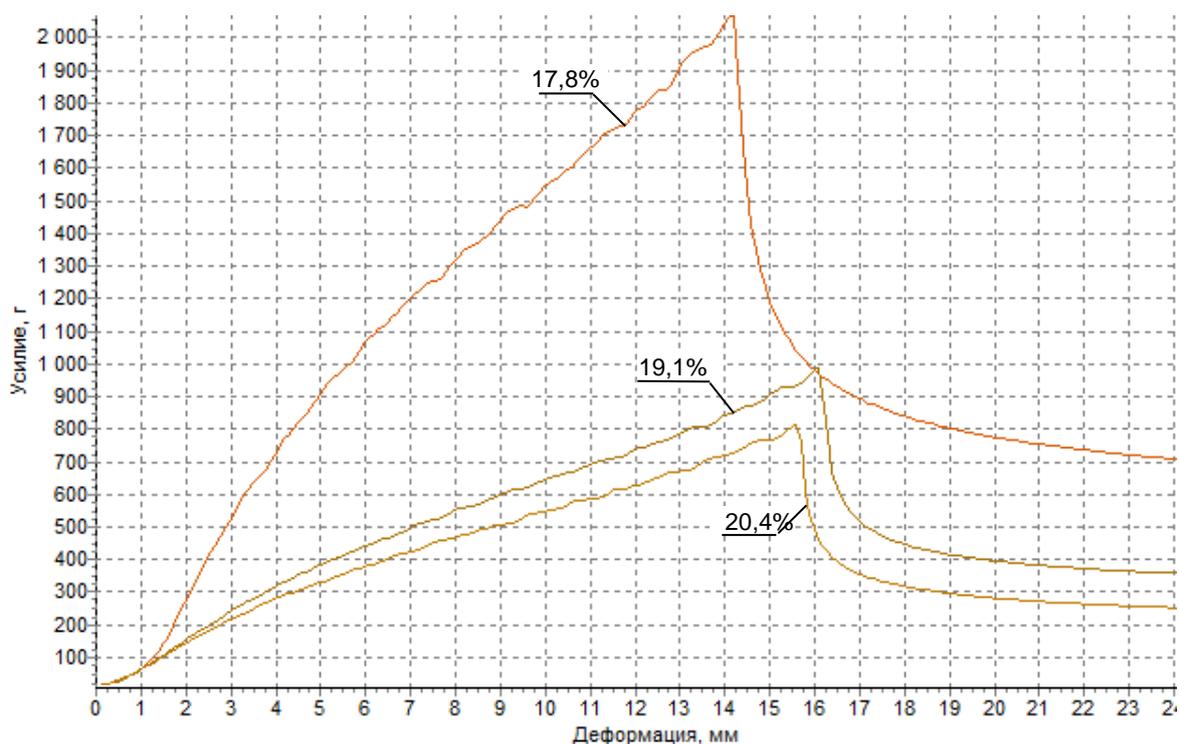


Рисунок 2 – Изменение усилия нагружения теста из рисовой муки в зависимости от его влажности (17,8 %, 19,1 %, 20,4 %) и величины деформации

Figure 2 – Change in the loading force of the corn flour dough depending on its humidity (17.8 %, 19.1 %, 20.4 %) and the amount of deformation

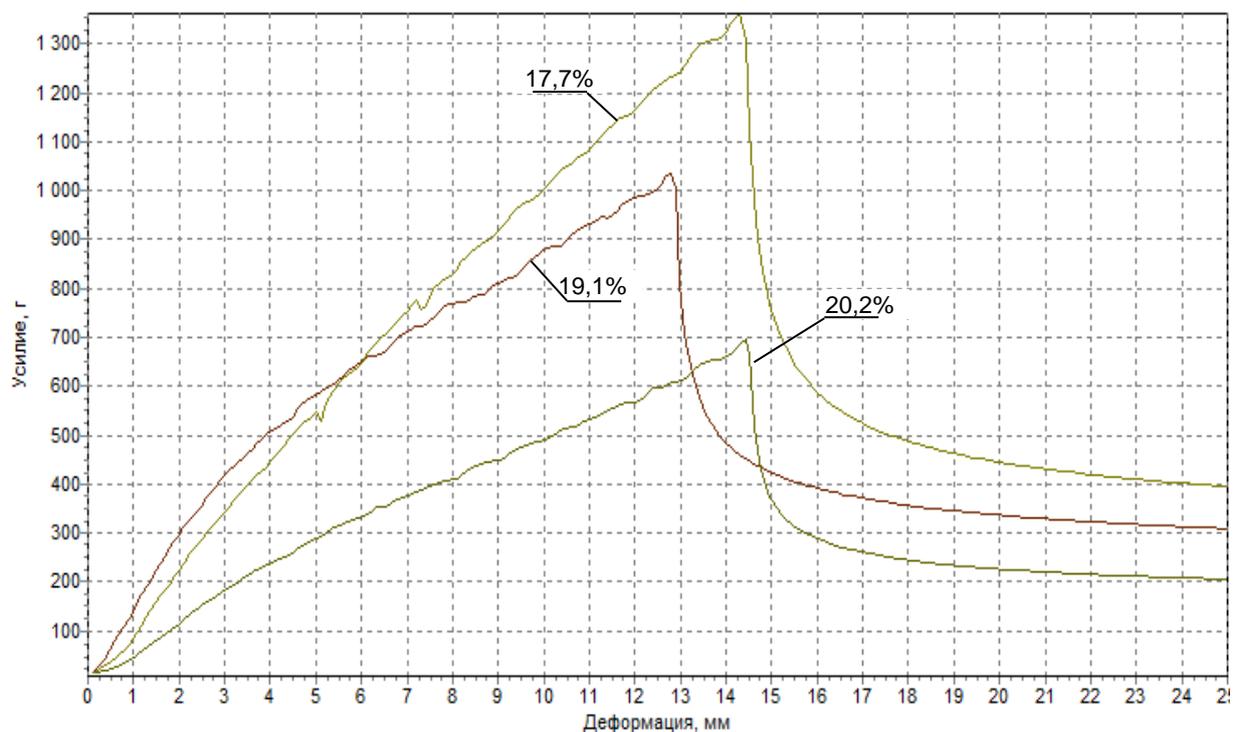


Рисунок 3 – Изменение усилия нагружения теста из кукурузной муки в зависимости от его влажности (17,7 %, 19,1 %, 20,2 %) и величины деформации

Figure 3 – Change in the loading force of the corn flour dough depending on its humidity (17.7 %, 19.1 %, 20.2 %) and the amount of deformation

УПРАВЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ТЕСТА
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ

Таблица 2 – Деформационные характеристики теста из рисовой и теста из кукурузной муки

Table 2 – Deformation characteristics of rice dough and corn flour dough

Варианты теста	Усилие нагружения (F_{max})	Общая деформация ($H_{общ}$), мм	Пластиче- ская деформация ($H_{пл}$), мм	Упругая деформация ($H_{упр}$), мм	Пластичность ($H_{пл}/H_{max}$)
Тесто из рисовой муки с влажностью					
17,8 %	2071,2	2,618	2,259	0,359	0,86
19,1 %	985,6	5,383	5,047	0,336	0,94
20,4 %	812,2	6,008	5,656	0,352	0,94
Тесто из кукурузной муки с влажностью					
17,7 %	1362,1	3,188	2,820	0,368	0,88
19,1 %	1033,7	9,679	9,359	0,320	0,97
20,2 %	696,2	13,790	13,509	0,281	0,98

Несмотря на то, что водоудерживающая способность рисовой и кукурузной муки выше, чем водоудерживающая способность пшеничной муки высшего сорта [11], что подтверждается и результатами данного исследования, такое поведение теста можно объяснить тем, что химический состав этих видов муки представлен в основном крахмалом, активно поглощающим, но не способным длительно удерживать воду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При недостатке воды в тесте процесс формирования его структуры протекает не полностью, получаемое тесто не будет в полной мере обладать необходимыми пластично-вязкими свойствами. Избыток жидкой фазы теста приводит к растеканию тестовых заготовок и получению изделий с деформированной формой.

С учетом экспериментальных данных при приготовлении безглютенового теста для производства сдобного печенья при использовании рисовой муки можно рекомендовать замес теста влажностью 19 %, для кукурузной муки – 20 %. Доведение до рекомендуемой влажности обеспечивает пластичность безглютенового теста, сопоставимую с пластичностью теста из пшеничной муки высшего сорта стандартной влажностью 18 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ рынка кондитерских изделий в России в 2017–2021 гг, прогноз на 2022–2026 гг. Потенциал импортозамещения и новые рынки сбыта. *Busines Stat.* Эл. ресурс. Режим доступа: https://businessstat.ru/images/demo/confectionery_russia_demo_businessstat.pdf?ysclid=le3z65wiub614994886.
2. Козубаева Л.А., Кузьмина С.С. Современные тенденции формирования ассортимента без-

глютеновых мучных кондитерских изделий // *Ползуновский вестник.* 2022. № 4. Т. 1. С. 57–67. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.007.

3. Абуталыбова Д. Рынок дикий, но перспективный // *Кондитерская и хлебопекарная промышленность.* 2019. № 1. С. 16–17.

4. Обзор-ВЭД. Мучные кондитерские изделия. 22.02.2022. *Агроэкспорт*, 2022. 27 с.

5. Анализ рынка печенья в России в 2015–2019 гг, оценка влияния коронавируса и прогноз на 2020–2024 гг. *Busines Stat.* Эл. ресурс. Режим доступа: https://businessstat.ru/images/demo/biscuit_russia_demo_businessstat.pdf?ysclid=le401lv4q203614773.

6. Сборник рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия: Ч. III / сост. В.Т. Лапшина, Г.С. Фонарева, С.Л. Ахиба; под ред. А.П. Антонова. М. : «Хлебпродинформ», 2000. 720 с.

7. Барсукова Н.В. Разработка технологии пряничных изделий на основе безглютенового мучного сырья: 05.18.15: Автореферат дисс. ... к.т.н. Санкт-Петербург, 2005. 20 с.

8. Нестеренко В.В. Разработка технологии сахарного безглютенового печенья: 05.18.15: Автореферат дисс. ... к.т.н. Москва, 2013. 27 с.

9. Айрумян В.Ю., Сокол Н.В., Ольховатов Е.А. Химический состав продуктов переработки зерна риса и кукурузы для повышения пищевой и биологической ценности хлебулочных изделий // *Ползуновский вестник.* 2020. № 3. С. 3–10.

10. Меренкова С.П., Потороко И.Ю., Чеканова Е.В. Методологические подходы оценки потребительских свойств безглютеновых мучных кондитерских изделий // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания.* 2020. № 2. С. 8–16, DOI 10.24411/2311-6447-2020-10037.

11. Рензьева Т.В., Тубольцева А.С., Рензьев А.О. Мука различных видов в технологии мучных кондитерских изделий // *Техника и технология пищевых производств.* 2022. Т. 52. № 2. С. 407–416. DOI10.21603/2074-9414-2022-2-2373.

Информация об авторах

С. С. Кузьмина – кандидат технических

наук, доцент, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

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

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

REFERENCES

1. Analiz ry'nka konditerskikh izdelij v Rossii v 2017-2021 gg, prognoz na 2022-2026 gg. Potencial importozameshheniya i novye ry'nki sby'ta. *Business Stat.* Retrieved from https://businessstat.ru/images/demo/confectionery_russia_demo_businessstat.pdf?ysclid=le3z65wiub614994886. (In Russ.).
2. Kozubaeva, L.A., Kuzmina, S.S. (2022). Modern trends in the formation of an assortment of gluten-free flour confectionery products. *Polzunovskiy vestnik.* 4/1. 57-67. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.007.
3. Abutaly'bova, D. (2019). The market is wild, but promising. *Confectionery and bakery industry.* 1. 16-17. (In Russ.).
4. Review. Flour confectionery products. 22.02.2022. *Agroe`ksport.* (In Russ.).
5. Analysis of the cookie market in Russia in 2015-2019, assessment of the impact of coronavirus and forecast for 2020-2024. *Business Stat.* Retrieved from https://businessstat.ru/images/demo/biscuit_russia_demo_businessstat.pdf?ysclid=le401lbv4q203614773. (In Russ.).
6. Lapshin, V.T., Fonareva, G.S., Ahiba; S.L. edited by A.P. Antonov. (2000). Collection of recipes for cakes, pastries, cupcakes, rolls, cookies, gingerbread,

gingerbread and pastry products: Part III comp. Moscow. (In Russ.).

7. Barsukova, N.V. (2005). Development of technology of gingerbread products based on gluten-free flour raw materials: abstract of the dissertation. Sankt-Peterburg. (In Russ.).

8. Nesterenko, V.V. (2013). Development of technology of sugar gluten-free cookies: abstract of the dissertation. Moscow. (In Russ.).

9. Ayrumyan, V.Yu., Sokol, N.V., Olkhovtsov, E.A. (2020). Chemical composition of rice and corn grain processing products to increase the nutritional and biological value of bakery products // *Polzunovskiy vestnik.* 3. 3-10. (In Russ.).

10. Merenkova, S.P., Potoroko, I.Yu., Chekanova, E.V. (2020). Methodological approaches to assessing consumer properties of gluten-free flour products // *Technologies for the Food and Processing Industry of Aic. Healthy Foods.* 2. 8-16. (In Russ.). DOI 10.24411/2311-6447-2020-10037.

11. Renzyaeva, T.V., Tuboltseva, A.S., Renzyaev, A.O. (2022). Various flours in pastry production technology. *Food Processing: Techniques and Technology.* 52(2): 407-416. (In Russ.). DOI 10.21603/2074-9414-2022-2-2373.

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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 13.05.2023; принята к публикации 11.06.2023.

The article was received by the editorial board on 20 Feb 2023; approved after editing on 13 May 2023; accepted for publication on 11 June 2023.