

Алина Ахсаровна Бурнацева^{1✉}, Диана Дмитриевна Симеониди²

^{1,2}Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, Владикавказ, Республика Северная Осетия – Алания, Россия

¹macintosh.alina@yandex.ru

²artemida73@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

Цель исследования – научное обоснование использования кукурузных зерна и муки как основного сырья для производства безглютеновых мучных изделий повышенной биологической ценности. Задачи: изучение технологических характеристик кукурузной муки из зерна белой кукурузы; обоснование режимов основных технологических стадий производства безглютеновых мучных изделий повышенной биологической ценности из зерна белой кукурузы; изучение влияния проращивания зерна белой кукурузы на его массу и влажность с перспективой дальнейшей разработки безглютеновых мучных изделий. Объекты исследования – химический состав зерна белой кукурузы; структурообразователи углеводной и белковой природы; способы интенсификации проращивания зерна белой кукурузы; способы повышения пищевой и биологической ценности безглютеновых мучных изделий. На основе проведенных исследований гранулометрического состава, водопоглотительной способности, амилолитической и протеолитической активности установлены технологические свойства белозерной кукурузной муки как сырья для производства мучных изделий. Для производства безглютеновых мучных изделий типа чурека больше подходит мука кукурузная цельнозерновая. Водопоглотительная способность цельнозерновой белозерной муки в 1,3–1,4 раза больше, чем у пшеничной высшего сорта, что требует большей влажности теста для производства безглютеновых мучных изделий. Исследованы режимы процесса проращивания зерна белой кукурузы для получения биологически активной массы для производства безглютеновых изделий повышенной биологической ценности. Разработана схема производства безглютеновых мучных изделий типа чурека повышенной биологической ценности. Установлено содержание витаминов, минеральных веществ в образцах безглютеновых изделий с использованием биологически активной пророщенной массы. Биологическая ценность опытных образцов увеличилась на 36–39 %.

Ключевые слова: глютен, кукурузная мука, проращивание зерна белой кукурузы, технология производства безглютеновых мучных изделий, безглютеновые мучные изделия

Для цитирования: Бурнацева А.А., Симеониди Д.Д. Обоснование технологии безглютеновых мучных изделий повышенной биологической ценности // Вестник КрасГАУ. 2025. № 4. С. 287–294. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-287-294.

Alina Akhsarovna Burnatseva^{1✉}, Diana Dmitrievna Simeonidi²

^{1,2}North Ossetian State University named after. K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia – Alania, Russia

¹macintosh.alina@yandex.ru

²artemida73@mail.ru

SUBSTANTIATING TECHNOLOGY OF GLUTEN-FREE FLOUR PRODUCTS WITH INCREASED BIOLOGICAL VALUE

The aim of the study is to scientifically substantiate the use of corn grains and flour as the main raw material for the production of gluten-free flour products of increased biological value. Objectives: to study the technological characteristics of corn flour from white corn grain; to substantiate the modes of the main technological stages of the production of gluten-free flour products of increased biological value from white corn grain; to study the effect of germination of white corn grain on its weight and moisture content with the prospect of further development of gluten-free flour products. Objects of the study are the chemical composition of white corn grain; carbohydrate and protein structure formers; methods for intensifying the germination of white corn grain; methods for increasing the nutritional and biological value of gluten-free flour products. Based on the conducted studies of the granulometric composition, water absorption capacity, amylolytic and proteolytic activity, the technological properties of white corn flour as a raw material for the production of flour products were established. Whole grain corn flour is more suitable for the production of gluten-free flour products such as churek (unleavened bread). The water absorption capacity of whole grain white flour is 1.3–1.4 times greater than that of premium wheat flour, which requires higher dough moisture for the production of gluten-free flour products. The modes of the process of sprouting white corn grain to obtain biologically active mass for the production of gluten-free products of increased biological value were studied. A scheme for the production of gluten-free flour products of the churek type with increased biological value was developed. The content of vitamins and minerals in samples of gluten-free products using biologically active sprouted mass was established. The biological value of the test samples increased by 36–39 %.

Keywords: *gluten, corn flour, sprouting white corn grain, technology for the production of gluten-free flour products, gluten-free flour products*

For citation: Burnatseva AA, Simeonidi DD. Substantiating technology of gluten-free flour products with increased biological value. *Bulletin of KSAU*. 2025;(4):287-294. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-287-294.

Введение. Глютен – белковый компонент злаковых культур, содержится в пшенице, ржи, ячмене и других злаковых, он является составляющим клейковины – основного структурообразующего компонента пшеничной муки. При разработке ряда диетических продуктов для потребления людьми с хроническими заболеваниями необходимо полное исключение белка глютена [1, 2].

В настоящее время в нашей стране производство безглютеновых пищевых продуктов недостаточно развито, до недавнего времени в ассортименте безглютеновых пищевых продуктов преобладала продукция стран Европы [3, 4].

Особую актуальность приобретает данное исследование в связи с Концепцией технологического развития на период до 2030 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р [5]. На сегодняшний день в рамках импортозамещения представляет интерес получение безглютеновых мучных изделий повышенной биологической ценности.

Предметом исследований явилась кукурузная мука, которая не содержит глютена, имеет ценный химический состав, содержит витамины группы В, РР, минеральные вещества: кальций, магний, железо, фосфор и пищевые волокна. Разработка технологии безглютеновых мучных изделий из кукурузной муки повышенной пищевой и биологической ценности требует изучения ее технологических характеристик, поиска структурообразователей, ферментных препаратов для обеспечения высокого качества изделий [6].

Как известно, проращивание сопровождается синтезом природных биологически активных веществ и гидролизом основных биополимеров зерна. Увеличивается содержание витаминов, минеральных веществ, ферментов и других компонентов. Гидролиз сопровождается превращением крахмала в декстрины, мальтозу, а белков – в аминокислоты. Гидролитические процессы протекают в основном в эндосперме, а синтез – в зародыше. Пробуждение зерна, активация ферментов начинаются в зерне при влажности 36–45 %. Зерно с проростками длиной 1–2 мм по своему аминокислотному, вита-

минному и минеральному составу является наиболее ценным [7].

Цель исследования – научное обоснование использования кукурузных зерна и муки как основного сырья для производства безглютеновых мучных изделий повышенной биологической ценности.

Задачи: изучить технологические характеристики кукурузной муки из зерна белой кукурузы; обосновать режимы основных технологических стадий производства безглютеновых мучных изделий повышенной биологической ценности из зерна белой кукурузы; изучить влияние проращивания зерна белой кукурузы на его массу и влажность с перспективой дальнейшей разработки безглютеновых мучных изделий.

Объекты исследования – химический состав зерна белой кукурузы; структурообразователи углеводной и белковой природы; способы интенсификации проращивания зерна белой кукурузы; способы повышения пищевой и биологической ценности безглютеновых мучных изделий.

Результаты и их обсуждение. В процессе проращивания выделяют две фазы: замачивания и проращивания. В ходе проведения эксперимента исследовалось влияние температуры и продолжительности проращивания на биологи-

ческую ценность, а также определялась продолжительность фазы замачивания и влияние продолжительности фазы проращивания на изменение структурно-механических характеристик зерна, так как при полном расщеплении крахмала разрушается структура зерновки, а при кратковременном – накапливается незначительное количество биологически активных веществ.

Температура при проращивании поддерживается 15–20 °С, так как более низкая снижает степень гидролиза, а более 25 °С может способствовать развитию посторонней микрофлоры.

При изучении процесса проращивания определяли содержание таких биологически активных веществ, как витамины Р и С, и изменения крахмала по кинематической вязкости клейстеризованной воднозерновой суспензии. Исследование проводили в течение 24 ч, влажность зерна до замачивания составляла 12,6 % (рис. 1).

Процесс проращивания начинается при достижении влажности зерна 35–36 %. Как видно, при температуре воды 5 °С влажность зерна достигает значения 35–36 % через 24 ч, а при температуре 17–35 °С – за 17–10 ч.

Влияние изменения температуры замачивания зерна белой кукурузы на его биологическую ценность приведено на рисунках 2 и 3.

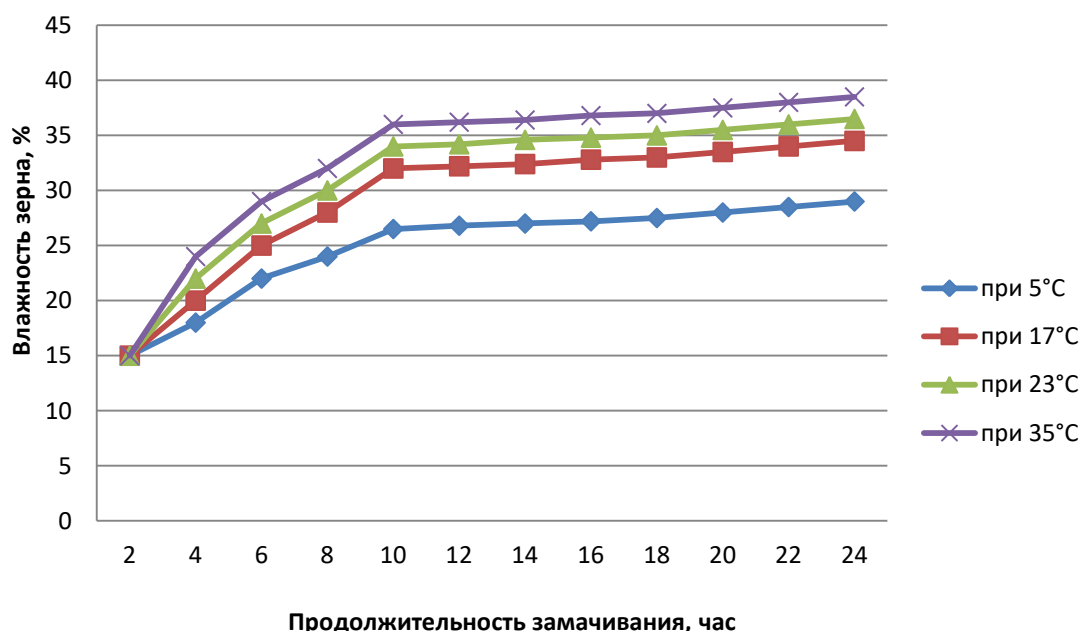


Рис. 1. Динамика изменения влажности зерна белой кукурузы от температуры замачивания

Dynamics of changes in the moisture content of white corn grain from the soaking temperature

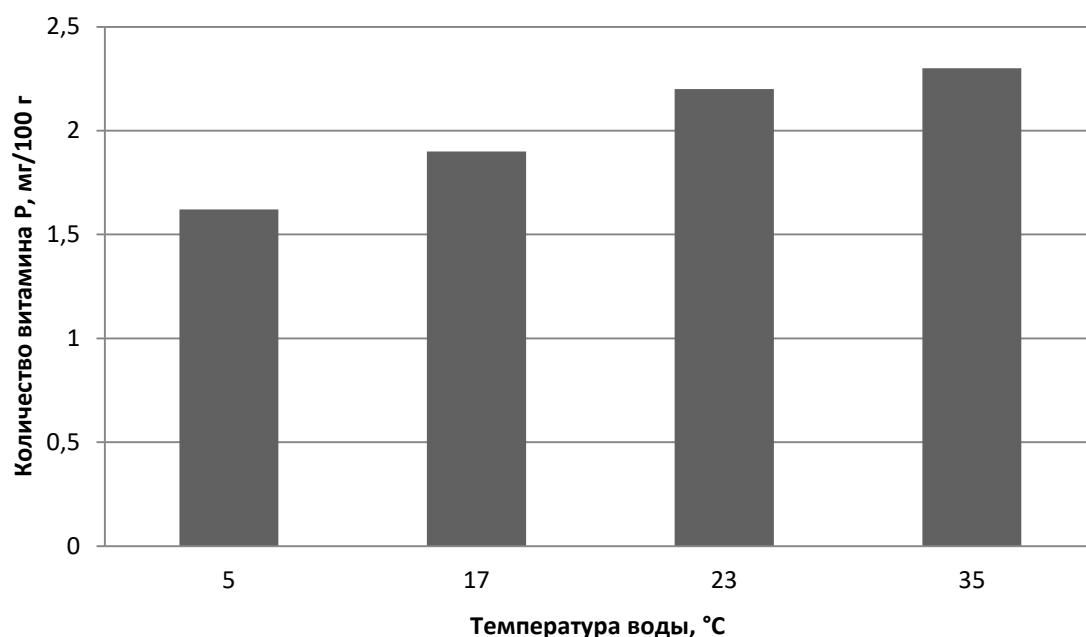


Рис. 2. Влияние температуры замачивания зерна белой кукурузы на содержание витамина Р
Influence of the soaking temperature of white corn grain on the vitamin P content

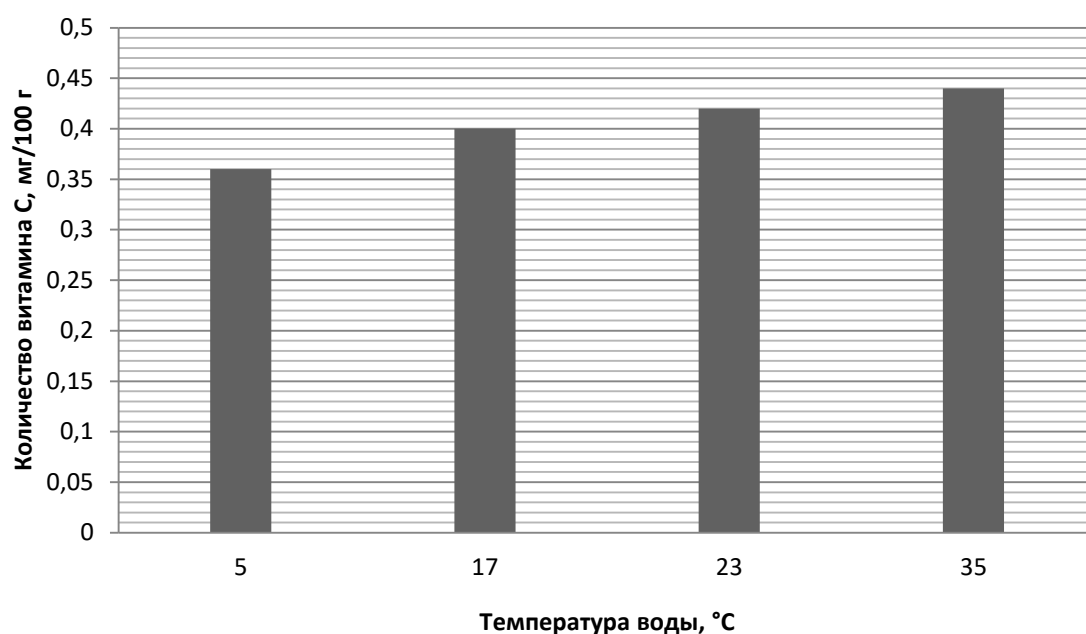


Рис. 3. Влияние температуры замачивания зерна белой кукурузы на содержание витамина С
Influence of the soaking temperature of white corn grain on the vitamin C content

Содержание витамина Р изменяется от 1,62 до 2,3 мг/100 г, а витамина С – от 0,36 до 0,44 мг/100 г. При температуре замачивания $(17 \pm 1)^\circ\text{C}$ продолжительностью 17 ч содержание витамина Р составляет 85 %, а витамина С – 91 % от максимального значения. Эти значения выбраны за нулевой уровень. Провели

серию экспериментов, где продолжительность фазы проращивания составила 72 ч при температуре 17°C через каждые 10–15 ч определяли влажность зерна кукурузы, количество витаминов Р и С. Во время проращивания изменяется структура зерновки – становится более пластичной (рис. 4).

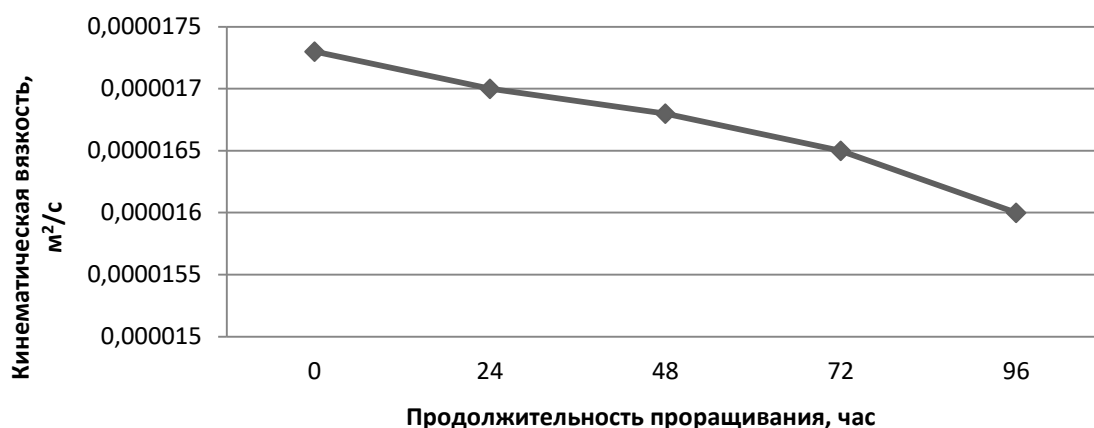


Рис. 4. Изменение структурно-механических характеристик зерна белой кукурузы во время проращивания

Changes in the structural and mechanical characteristics of white corn grain during germination

Кинематическая вязкость клейстеризованной водно-мучной смеси изменяется от $1,71 \cdot 10^{-5}$ до $1,66 \cdot 10^{-5}$ м²/с, что указывает на глубину ферментативных процессов. За 14 ч фазы проращивания на 97 % изменяется кинематическая вязкость смеси.

Структурно-механические характеристики готовых изделий в том числе зависят и от содержания крахмала. Определяли изменение содержания крахмала при проращивании (рис. 5).

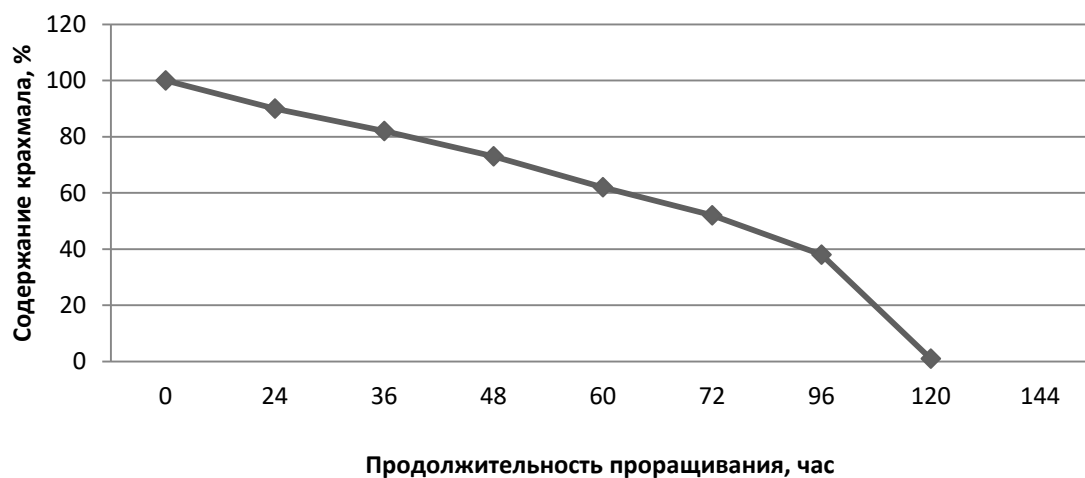


Рис. 5. Изменение содержания крахмала в зерне белой кукурузы при проращивании

Changes in starch content in white corn grain during germination

Исследование проводили 72 ч, с интервалом в 12 ч определяли содержание крахмала. За первые сутки количество крахмала уменьшилось до 80 % от его массы, а через 40 ч – на 50 %. Через пять суток наблюдается полное расщепление крахмала до декстринов. Поэтому проводили процесс проращивания не более суток.

Режимы проращивания:

– фаза замачивания: температура 17 °С, продолжительность – 17 ч;

– фаза проращивания: температура 17 °С, продолжительность – 72 ч.

Из пророщенного зерна белой кукурузы путем дробления получали биологически активную массу, которую использовали при производстве безглютеновых изделий (на примере национального мучного изделия чурек).

Технологическая схема производства национального мучного изделия чурек включает следующие основные стадии: подготовка сырья, замес теста, отлежка, разделка, выпечка. Опе-

рация подготовки сырья заключается в просеивании белой кукурузной муки, приготовлении растворов соли и структурообразователей. Технология производства чурека повышенной биологической ценности предусматривает дополнительные операции по подготовке сырья: очистка зерна кукурузы, мойка с дезинфекцией (для дезинфекции используется водный раствор перманганата калия концентрацией 0,005 %, продолжительность обработки зерновой массы 5–7 мин в соотношении зерно кукурузы : раствор как 1 : 2), замачивание, проращивание, измельчение. При использовании морской соли и хмеле-

вого экстракта дезинфекцию можно исключить. Принципиальная технологическая схема производства безглютеновых мучных изделий типа чурека повышенной биологической ценности приведена на рисунке 6.

Для получения данных, необходимых для расчета выхода безглютеновых мучных изделий типа чурека повышенной биологической ценности, определили влияние проращивания зерна белой кукурузы на его массу и влажность (табл.).

Следовательно, во время проращивания масса зерна белой кукурузы увеличивается на $(30 \pm 0,5) \%$ по отношению к сухому зерну.

Влияние проращивания зерна белой кукурузы на его массу и влажность The effect of white corn grain germination on its weight and moisture content

Образец зерна	Масса зерна, г	Влажность, %	Масса сухих веществ, г
Сухое зерно кукурузы	100	$12,4 \pm 0,5$	$87,6 \pm 0,5$
Пророщенное зерно кукурузы с проростками	141,5	$37,9 \pm 0,5$	$87,9 \pm 0,5$
Пророщенное зерно кукурузы без проростков	109,5	$30,3 \pm 0,5$	$76,3 \pm 0,5$

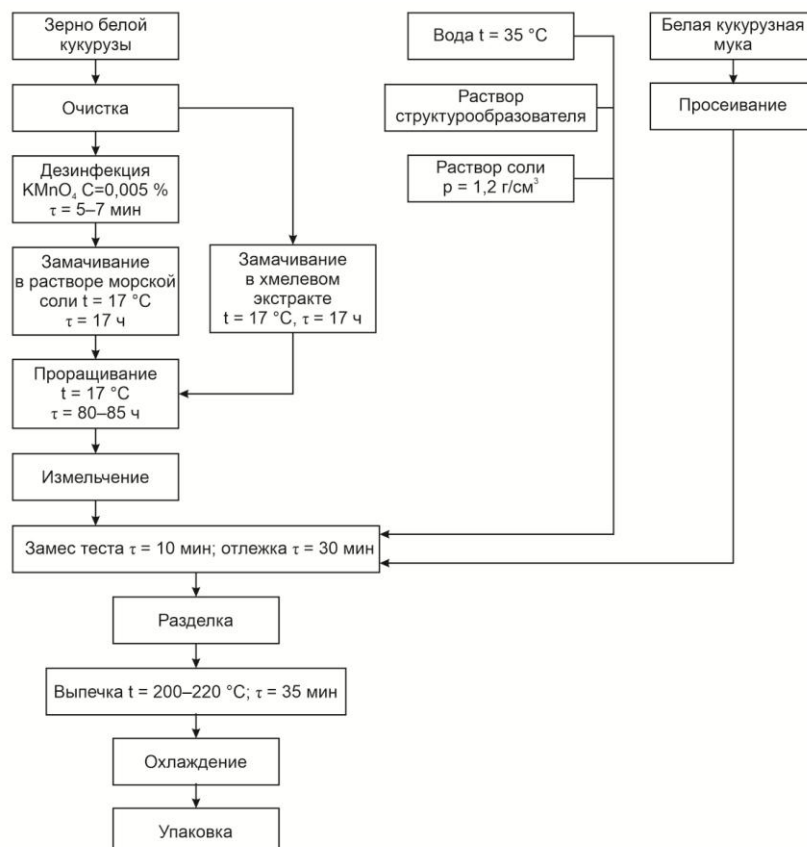


Рис. 6. Принципиальная технологическая схема производства безглютеновых мучных изделий типа чурека

Basic technological scheme for the production of gluten-free flour products of the churek type

Заключение. Таким образом, по результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы: изучение технологических характеристик разных сортов кукурузной муки показало, что для производства безглютеновых мучных изделий типа чурека больше подходит мука кукурузная цельнозерновая. Водопоглотительная способность цельнозерновой белозерной муки в 1,3–1,4 раза больше, чем у пшеничной высшего сорта, что требует большей влаж-

ности теста для производства безглютеновых мучных изделий. Исследованы режимы процесса проращивания зерна белой кукурузы для получения биологически активной массы, для производства безглютеновых изделий повышенной биологической ценности. Разработана схема производства безглютеновых мучных изделий типа чурека повышенной биологической ценности.

Список источников

1. Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В., и др. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий // Вопросы питания. 2020. № 1. С. 77–85. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10009. EDN: BIQFWS.
2. Хмелевская А.В., Ковалева Ю.И. Использование обжаренной муки из восковидной кукурузы при производстве мучных кондитерских изделий // Известия вузов. Пищевая технология. 2013. № 1 (331). С. 42–45. EDN: PZFNCT.
3. Козубаева Л.А., Кузьмина С.С., Могучева Э.П. Разработка рецептур безглютеновых мучных кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2011. № 3-2. С. 117–121. EDN: OFTROP.
4. Нечаев А.П., Цыганова Т.Б., Николаева Ю.В., и др. Разработки нового поколения макаронных изделий быстрого приготовления на основе применения обобщенной функции желательности харрингтона // Пищевая промышленность. 2020. № 4. С. 12–16. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10038. EDN: CHVSIQ.
5. Концепция технологического развития на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р. Доступно по: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/technological-2023.pdf>. Ссылка активна на 23.04.2024.
6. Бурнацева А.А., Хмелевская А.В., Сатцаева И.К., и др. Эффективность использования *Humulus lupulus* при получении биологически активного сырья из зерна кукурузы // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 129–134. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-129-134. EDN: WYXRXL.
7. Айрумян В.Ю., Сокол Н.В., Ольховатов Е.А. Химический состав продуктов переработки зерна риса и кукурузы для повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 3–10. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.03.001. EDN: KNQMKY.

References

1. Zaytseva LV, Yudina TA, Ruban NV, et al. Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations. *Voprosy pitaniya*. 2020;1:77-85. (In Russ.). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10009. EDN: BIQFWS.
2. Khmelevskaya AV, Kovaleva Yul. Use of fried flour from waxy corn in pastry production. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2013;1:42-45. (In Russ.). EDN: PZFNCT.
3. Kozubaeva LA, Kuz'mina SS., Mogucheva EP. Razrabotka receptur bezglyutenovykh muchnykh konditerskih izdelij. *Polzunovskij vestnik*. 2011;3-2:117-121. (In Russ.). EDN: OFTROP.
4. Nechaev AP, Tsyganova TB, Nikolaeva YuV, et al. Developing a new generation of instant pasta based on harrington's generalized desirability function. *Food Processing Industry*. 2020;4:12-16. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10038. EDN: CHVSIQ.
5. Konceptiya tekhnologicheskogo razvitiya na period do 2030 goda. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 20 maya 2023 g. № 1315-r. Available at: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/technological-2023.pdf>. Accessed: 23.04.2024. (In Russ.).

6. Burnatseva AA, Khmelevskaya AV, Sattsayeva IK, et al. The efficiency of using humulus lupulus in receiving biologically active raw materials from corn grain. *Bulletin of KSAU*. 2021;2:129-134. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-129-134. EDN: WYXRXI.
7. Ajrumyan VYu, Sokol NV, Ol'hovatov EA. Himicheskij sostav produktov pererabotki zerna risa i kukuruzy dlya povysheniya pishchevoj i biologicheskoj cennosti hlebobulochnyh izdelij. *Polzunovskij vestnik*. 2020;3:3-10. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.03.001. EDN: KNQMKY.

Статья принята к публикации 25.02.2025 / The article accepted for publication 25.02.2025.

Информация об авторах:

Алина Ахсаровна Бурнацева¹, старший преподаватель кафедры общей и неорганической химии
Диана Дмитриевна Симеониди², доцент кафедры общей и неорганической химии, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Alina Akhsarovna Burnatseva¹, Senior Lecturer, Department of General and Inorganic Chemistry
Diana Dmitrievna Simeonidi², Associate Professor at the Department of General and Inorganic Chemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent

