



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)  
УДК 664.77

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.010



## КАЧЕСТВО МУКИ ИЗ ЗЕРНА СОРГО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И СОРГОВОЙ МУКИ

Екатерина Сергеевна Серебренникова<sup>1</sup>, Людмила Витальевна Анисимова<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> silver.775594@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0651-3512>

<sup>2</sup> anislv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7900-2935>

**Аннотация.** Изучено качество муки, полученной из голозерного зерна сорго сорта Орловское с использованием и без использования гидротермической обработки (ГТО), качество смесей муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и сорговой муки. Исследованы реологические свойства теста из мучных смесей. Подготовка зерна сорго для получения муки включала очистку от примесей, обработку в лабораторной шелушильно-шлифовальной машине, разделение полученных после шелушения и шлифования продуктов: мучку выделяли проходом через сито из проволочной сетки № 08, дробленое ядро – проходом через пробивное сито с диаметром отверстий 1,5 мм, шлифованное ядро и нешелушенные зерна – сходом с сита с диаметром отверстий 1,5 мм, лузгу отвеивали на лабораторном аспираторе. Шлифованное ядро измельчали на лабораторной молотковой мельнице со встроенным ситом № 08. Гидротермическую обработку проводили перед операцией шелушения зерна. Гидротермическая обработка включала пропаривание зерна в лабораторном пропаривателе и его последующую сушку в лабораторной сушилке. Реологические характеристики теста определяли на приборе Mixolab Chopin (Франция) с использованием стандартного протокола СНОРИН+ и системы Profiler, а также при определении характеристик фаринографа с использованием протокола Simulator.

Установлено, что мука из зерна сорго, прошедшего ГТО, имеет хорошие органолептические характеристики, а именно: сладковатый привкус и приятный пряничный запах, однако мука из зерна сорго, не прошедшего ГТО, имеет более светлый оттенок. Оба вида сорговой муки в смеси с мукой пшеничной в количестве 10 % снижают содержание клейковины и укрепляют ее, снижают активность ферментов. Вместе с тем, внесение в мучную смесь муки из зерна сорго, прошедшего ГТО, улучшает реологические свойства теста. Так, происходит увеличение водопоглотительной способности муки, увеличивается стабильность теста и снижается его разжижение.

**Ключевые слова:** мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, сорговая мука, пропаривание, сушка, гидротермическая обработка, миксолаб, реологические свойства теста, водопоглотительная способность, Profiler, Simulator.

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

---

**Для цитирования:** Серебренникова Е. С., Анисимова Л. В. Качество муки из зерна сорго и реологические свойства теста из смеси пшеничной и сорговой муки // Ползуновский вестник. 2022. № 3. С. 71-80. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.010. EDN: <https://elibrary.ru/lkqtwr>.

---

Original article

## QUALITY OF SORGHUM FLOUR AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH MADE FROM A MIXTURE OF WHEAT AND SORGHUM FLOUR

Ekaterina S. Serebrenikova <sup>1</sup>, Ludmila V. Anisimova <sup>2</sup>

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

<sup>1</sup> silver.775594@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0651-3512>

<sup>2</sup> anislv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7900-2935>

**Abstract.** *The quality of flour obtained from bare grain sorghum of the Orlovskoye variety with and without the use of hydrothermal treatment, the quality of mixtures of wheat baking flour of the highest grade and sorghum flour was studied. The rheological properties of dough from flour mixtures are investigated. Preparation of sorghum grain for flour production included purification from impurities, processing in a laboratory peeling and sanding machine, separation of products obtained after peeling and sanding: flour was isolated by passing through a wire mesh sieve No. 08, crushed core - by passing through a punching sieve with a hole diameter of 1.5 mm, the polished kernel and non-husked grains - coming off a sieve with a hole diameter of 1.5 mm, the husk was sifted on a laboratory aspirator. The ground core was crushed on a laboratory hammer mill with a built-in sieve No. 08. Hydrothermal treatment was performed before the grain peeling operation. Hydrothermal treatment included steaming the grain in a laboratory steamer and its subsequent drying in a laboratory dryer. The rheological characteristics of the test were determined on the Mixolab Chopin device (France) using the standard CHOPIN+ protocol and the Profiler system, as well as when determining the characteristics of the farinograph using the Simulator protocol.*

*It has been established that flour from sorghum grain that has passed the hydrothermal treatment has good organoleptic characteristics, namely: a sweet taste and a pleasant gingerbread smell, but flour from sorghum grain that has not passed the hydrothermal treatment has a lighter shade. Both types of sorghum flour mixed with wheat flour in an amount of 10% reduce the gluten content and strengthen it, reduce the activity of enzymes. At the same time, the introduction of sorghum grain flour into the flour mixture, which has passed the hydrothermal treatment, improves the rheological properties of the dough. Thus, there is an increase in the water-absorbing capacity of flour, the stability of the dough increases and its liquefaction decreases.*

**Keywords:** *wheat baking flour of the highest grade, sorghum flour, steaming, drying, hydrothermal treatment, mixolab, rheological properties of the dough, water absorption capacity, Profiler, Simulator.*

**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:** Serebrenikova, E. S. & Anisimova, L. V., (2022). Quality of sorghum flour and rheological properties of dough made from a mixture of wheat and sorghum flour. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 71-80. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.010.

---

### ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции в области хлебопечения смещаются в сторону не только улучшения вкусовых свойств готового продукта, но и поддержания здоровья конечного потребителя [1]. Таким образом, все больше развивается применение перспективных обогатителей растительного происхождения, способных улучшить органолептические ха-

рактеристики хлеба и хлебобулочных изделий, а также повысить их пищевую ценность [2, 3]. Одним из таких источников может выступить зерно сорго.

Сорго относится к числу культур, которые хорошо приспосабливаются к условиям окружающей среды, в частности, это засухоустойчивая и нетребовательная к почвам культура [4, 5].

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2022

## КАЧЕСТВО МУКИ ИЗ ЗЕРНА СОРГО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И СОРГОВОЙ МУКИ

Сорго, по данным FAOSTAT на 2020 г., занимает пятое место в мире по посевным площадям после кукурузы, пшеницы, риса и ячменя. Его основными производителями являются Судан, Индия, Нигерия, Нигер и США. В Российской Федерации по площади возделывания эта культура занимает 44 место [6].

Сорго богато важными для питания человека нутриентами, в частности, зерно содержит до 71 % крахмала, до 16 % белка, около 5 % жира. Кроме того, зерно сорго обладает богатым витаминно-минеральным составом: содержит витамины группы В, витамин Е, калий, фосфор, магний, железо, селен, марганец, медь, молибден, фосфор и др. [7, 8, 9, 10].

По литературным данным белок зерна сорго способен снижать количество холестерина в крови и нормализовать нагрузку пищеварительной системы человека. В составе жира сорго содержится большое количество (около 86 %) незаменимых ненасыщенных жирных кислот, к числу которых относятся линолевая и линоленовая кислоты [11].

Мука из зерна сорго используется как основной компонент в хлебопечении ряда стран с традиционно высоким потреблением данной культуры [12]. Кроме того, из зерна сорго получают напитки, крупы, сорговый крахмал, сиропы, биоэтанол, а также продукты переработки сорго используют в качестве антиоксидантных добавок [13, 14].

Хотя белок сорго обладает многими полезными свойствами, он не является клейковинообразующим белком, поэтому существует необходимость всестороннего изучения возможности добавления муки из сорго в хлеб и хлебобулочные изделия. Реологические характеристики теста с добавлением сорговой муки являются наиболее подходящими для изучения этого вопроса. Производители муки, а также хлебопекарные предприятия по всему миру признают физические свойства теста основным инструментом для оценки качества муки и мучных смесей [15, 16].

Целью данной работы явилось изучение качества сорговой муки, а также исследование реологических свойств теста из мучных смесей с добавлением муки из зерна сорго, прошедшего гидротермическую обработку (ГТО) и не прошедшего таковую, в количестве 10 % взамен муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

### МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

В опытах использовали сорго зерновое красное сорта Орловское. Гидротермическая

обработка зерна включала в себя операции пропаривания в лабораторном пропаривателе и сушки в лабораторной сушилке конвективного типа.

Подготовка зерна сорго для получения муки, помимо ГТО, включала очистку от примесей и обработку в лабораторной шелушильно-шлифовальной машине типа ЗШН. Продукты шелушения разделяли с помощью набора сит (проход через металлочканое сито № 08 – мучка, проход через сито с диаметром отверстий 1,5 мм – дробленое ядро, сход с сита с диаметром отверстий 1,5 мм – шлифованное ядро и нешелушенные зерна) и лабораторного аспиратора для отвеивания лузги. Сорговую муку получали путем измельчения шлифованного ядра на лабораторной мельнице молоткового типа со встроенным ситом № 08.

В исследованиях также использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта со следующими показателями качества: цвет – белый с кремовым оттенком; запах – свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый; вкус – свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький; наличие минеральной примеси – при разжевывании муки хруста не ощущается; белизна – 57,8 усл. ед. РЗ-БПЛ; количество клейковины – 28,6 %; качество клейковины – 59 ед. ИДК; число падения – 297 с; влажность – 13,7 %; крупность помола – остаток на сите N 45/50 ПА 2,4 %; зараженность вредителями хлебных запасов – не обнаружена; загрязненность вредителями хлебных запасов – не обнаружена. При определении качества муки использовали действующую нормативную документацию.

При получении мучных смесей добавляли сорговую муку взамен муки пшеничной в количестве 10 %.

Реологические характеристики теста определяли на приборе *Mixolab Chopin* (Франция) с использованием стандартного протокола CHOPIN+ и системы Profiler, а для определения характеристик фаринографа – с использованием протокола Simulator.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Качество и химический состав муки из зерна сорго, полученной с использованием ГТО и без использования ГТО, приведены в таблице 1.

При определении качественных характеристик муки руководствовались действующей нормативной документацией для мето-

дов исследования муки пшеничной. Химический состав сорговой муки определяли в соответствии с действующими стандартами.

Из представленных в таблице 1 данных следует, что при использовании ГТО зерна мука из сорго темнеет. Темная окраска муки появляется за счет накопления меланоидинов, которые образуются вследствие протекания реакции Майара. Развитию данной ре-

акции способствует образование продуктов распада сложных соединений, в первую очередь, белков и крахмала, под действием высокой температуры при ГТО зерна. Появление у муки приятного пряничного запаха и сладковатого вкуса так же является следствием накопления продуктов распада сложных соединений при ГТО зерна сорго.

Таблица 1 – Качество сорговой муки, полученной с использованием гидротермической обработки и без использования ГТО зерна

Table 1 – The quality of sorghum flour obtained using hydrothermal treatment and without the use of grain hydrothermal treatment

Сорговая мука	Вкус	Цвет	Запах	Влажность, %	Зольность, % на СВ	Число падения, с	Белок (N×5,7), % на СВ	Жир, % на СВ	Крахмал, % на СВ
С ГТО зерна	Сладковатый	Коричневый с красноватым оттенком	Приятный пряничный	10,5	1,36	512	11,8	3,9	62,8
Без ГТО зерна	Имеет сладковатое послевкусие	Бежевый с розоватым оттенком	Свойственный зерну сорго	10,4	1,26	536	11,8	3,6	69,0

СВ – сухое вещество

Содержание крахмала в муке после ГТО зерна снижается более чем на 6 %, что подтверждает сказанное выше.

Общее содержание белка и жира в муке после ГТО зерна сорго практически не изменилось, что согласуется с литературными данными по другим культурам [17].

Повышение зольности муки, вероятнее всего, следствие миграции минеральных соединений из оболочек внутрь зерновки при ГТО зерна. Число падения муки после ГТО остается достаточно высоким и составляет

512 с, что говорит о малой активности ферментов.

В таблице 2 представлены качественные характеристики мучных смесей на основе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с заменой 10 % мукой из зерна сорго.

Из приведенных данных следует, что в сравнении с мукой пшеничной количество клейковины в смесях снизилось при добавлении обоих видов сорговой муки. Снижение содержания клейковины в смесях объясняется отсутствием клейковинообразующих белков в сорговой муке. .

Таблица 2 – Качество мучных смесей с заменой 10 % муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта мукой из зерна сорго, полученной с использованием ГТО и без ГТО зерна

Table 2 – The quality of flour mixtures with the replacement of 10 % wheat flour of the highest grade with flour from sorghum grain obtained using hydrothermal treatment and without hydrothermal treatment of grain

Мучная смесь	Влажность, %	Белизна, усл. ед. РЗ-БПЛ	Количество клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК	Число падения, с
Мука пшеничная – 90 %; мука сорговая с ГТО – 10 %	13,1	32,1	26,0	50	315
Мука пшеничная – 90 %; мука сорговая без ГТО – 10 %	13,3	35,7	26,4	57	326

## КАЧЕСТВО МУКИ ИЗ ЗЕРНА СОРГО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И СОРГОВОЙ МУКИ

Кроме того, добавление сорговой муки укрепляет клейковину.

Число падения мучных смесей увеличивается в сравнении с мукой пшеничной высшего сорта. Значения белизны смесей подтверждают данные, приведенные ранее: сорговая мука, полученная с ГТО зерна, более темная, и соответственно мучная смесь с добавлением сорговой муки, полученной с применением ГТО, имеет белизну ниже, чем

мучная смесь с добавлением сорговой муки без ГТО.

На рисунках 1-3 представлены графики, полученные на приборе Mixolab Chopin с использованием протокола Simulator в режиме графика «Фаринограф». Показатели данного протокола соответствуют показателям фаринографа: водопоглощение теста, %; время образования теста, мин; стабильность теста (устойчивость теста к замесу), мин; разжижение теста, ЕФ.

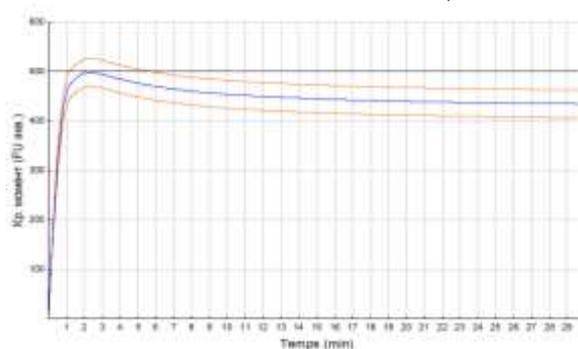


Рисунок 1 – График в режиме «Фаринограф» теста из муки пшеничной высшего сорта  
Figure 1 – Graph in the "Farinograph" mode of the dough from wheat flour of the highest grade

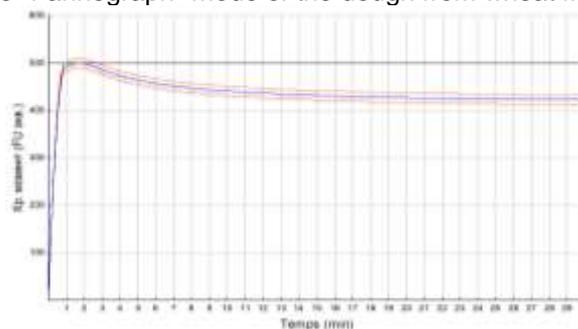


Рисунок 2 – График в режиме «Фаринограф» теста с 10 % замещением муки пшеничной сорговой мукой без ГТО зерна

Figure 2 – Graph in the "Farinograph" mode of the dough with 10% substitution of wheat flour with sorghum flour without hydrothermal treatment of grain

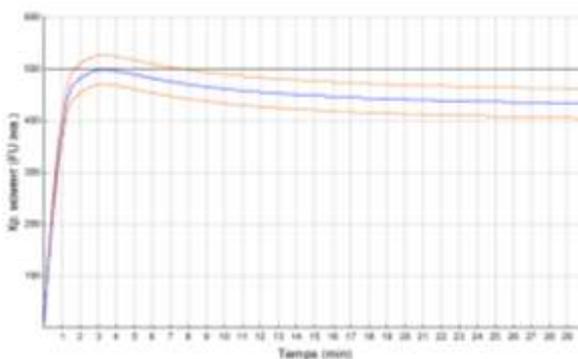


Рисунок 3 – График в режиме «Фаринограф» теста с 10 % замещением муки пшеничной сорговой мукой с ГТО зерна

Figure 3 – Graph in the "Farinograph" mode of the dough with 10% substitution of wheat flour with sorghum flour with hydrothermal treatment of grain

Водопоглотительная способность муки пшеничной высшего сорта и смесей с сорговой мукой и реологические параметры

теста, полученные с применением протокола Simulator в режиме графика «Фаринограф», представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Водопоглощение муки пшеничной (контроль) и смесей с сорговой мукой и фаринографические параметры теста

Table 3 – Water absorption of wheat flour (control) and mixtures with sorghum flour and pharynographic parameters of the dough

Мука (смесь)	Водопоглощение муки (смеси), %	Время образования теста, мин	Стабильность теста, мин	Разжижение теста, ЕФ
Контроль	56,1	2,3	4,7	53
Мука пшеничная – 90 %; мука сорговая с ГТО – 10 %	58,7	3,3	6,2	51
Мука пшеничная – 90 %; мука сорговая без ГТО – 10 %	55,0	1,8	1,8	67

Из представленных данных следует, что наибольшее значение водопоглотительной способности наблюдается у мучной смеси с замещением 10 % муки пшеничной сорговой мукой, полученной с применением ГТО.

Это можно объяснить повышенной набухаемостью крахмала, который частично разрушился при пропаривании.

Время образования теста возрастает с добавлением муки из зерна сорго, прошедшего ГТО, ввиду увеличения длительности гомогенизации компонентов смеси, содержащей меньшее количество клейковины, кроме того, водопоглотительная способность данного образца выше, чем контроля, следовательно, гидратация требует больше времени. Для образца с 10 %-ным замещением пшеничной муки мукой из зерна сорго, не прошедшего ГТО, данный показатель ниже, чем для контроля, что связано с низким показателем водопоглотительной способности.

Стабильность теста образца смеси с добавлением 10 % муки из зерна сорго, не прошедшего ГТО, в 2,6 раза ниже, чем данный показатель муки пшеничной высшего сорта. Это связано с тем, что водопоглотительная способность образца снижена, а также нарушена структура белкового каркаса муки вследствие добавления неклеяковинных компонентов. Однако, при использовании муки из зерна сорго, прошедшего ГТО, стабильность теста увеличивается. Вероятно, это говорит о том, что белковая и углеводная фракции муки сорго совместно с фракциями пшеничной муки образуют достаточно устойчивый каркас.

Показатель разжижения теста образца смеси с добавлением 10 % муки из зерна сор-

го, прошедшего ГТО, ниже, чем для контроля. Это говорит о положительном влиянии данного вида сорговой муки. Для смеси с добавлением сорговой муки без ГТО данный показатель увеличивается, что свидетельствует об ухудшении реологических характеристик теста.

Далее были проведены исследования консистенции теста в условиях изменяемой температуры теста (30-60-90-50) °С с помощью прибора *Mixolab Chopin* в режиме стандартного протокола CHOPIN+. Кроме того, с помощью системы Profiler выведены индексы, характеризующие биохимические процессы, протекающие в тесте с изменением температуры.

Во время исследования проба проходит несколько фаз:

1 фаза (образование теста) – С1 – характеризует образование теста с консистенцией, соответствующей крутящему моменту, равному  $(1,1 \pm 0,05) \text{ Н} \cdot \text{м}$  (500 ЕФ) при 30 °С;

2 фаза (разжижение теста) – С2 – соответствует повышению температуры в тестомесилке с 30 до 60 °С, характеризует изменение каркаса теста;

3 фаза (клейстеризация крахмала) – С3 – при переходе температуры от 60 до 90 °С, соответствует изменению консистенции теста за счет набухания и разрушения гранул крахмала;

4 фаза (действие амилалитических ферментов) – С4 – поддерживается постоянная температура в тестомесилке на уровне 90 °С, характеризует активность амилаз;

5 фаза (ретроградация крахмала) – С5 – снижение температуры с 90 до 50 °С, процесс, соответствующий стремлению крахма-

## КАЧЕСТВО МУКИ ИЗ ЗЕРНА СОРГО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И СОРГОВОЙ МУКИ

ла к возвращению своей первоначальной формы, характеризует черствение готовых мучных изделий.

CS – соответствует консистенции от начала нагрева [18, 19].

Графики, полученные на приборе, приведены на рисунках 4-6.

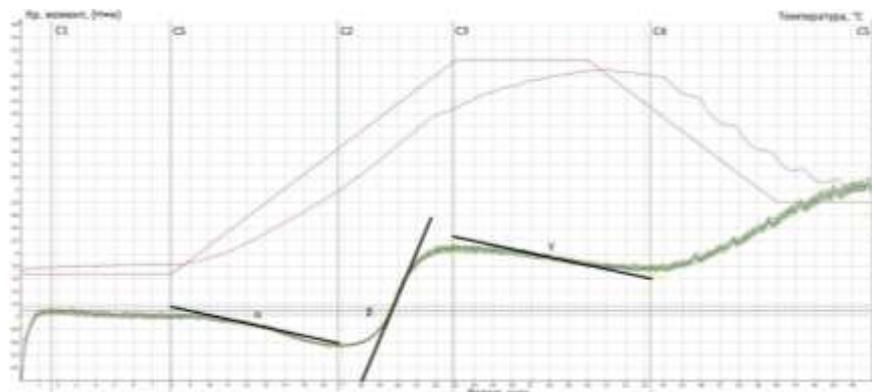


Рисунок 4 – Миксолабограмма теста из муки пшеничной высшего сорта  
Figure 4 – Mixolabogram of wheat flour dough of the highest grade

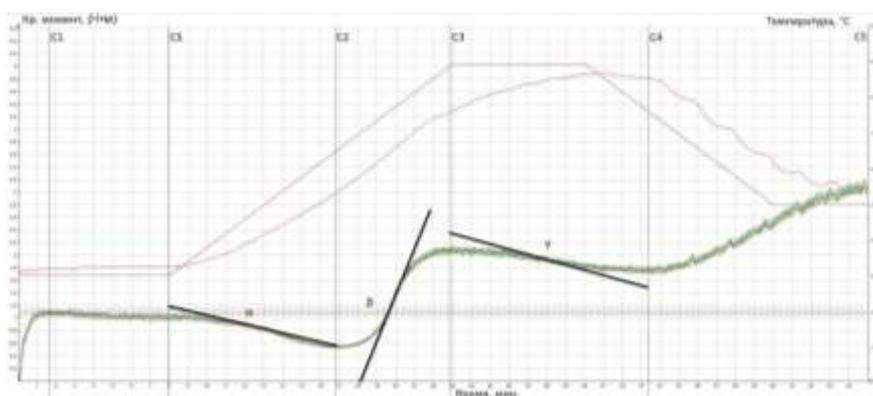


Рисунок 5 – Миксолабограмма теста с 10 % замещением муки пшеничной сорговой мукой без ГТО зерна

Figure 5 – Mixolabogram of dough with 10 % substitution of wheat flour with sorghum flour without hydrothermal treatment of grain

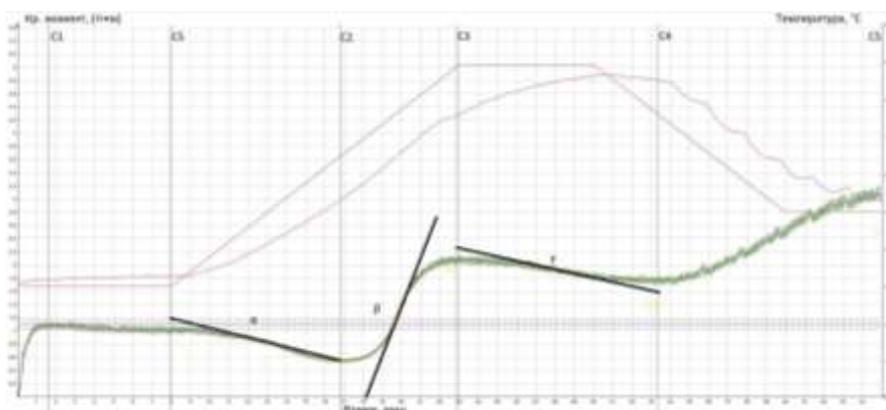


Рисунок 6 – Миксолабограмма теста с 10 % замещением муки пшеничной сорговой мукой с ГТО зерна

Figure 6 – Mixolabogram of dough with 10 % substitution of wheat flour with sorghum flour with hydrothermal treatment of grain

Стоит отметить, что самой высокой стабильностью теста, мин, (10,95) обладает образец с 10 %-м замещением муки пшеничной мукой из зерна сорго, прошедшего ГТО, а самой низкой (9,90) – контрольный образец из пшеничной муки высшего сорта. Кроме того, наибольшая скорость разжижения теста ( $\alpha$ , Н·м / мин) наблюдается для образца пшеничной муки высшего сорта (-0,044), самая низкая (-0,066) – для образца с 10 %-ным замещением муки пшеничной мукой из зерна сорго, прошедшего ГТО. Это согласуется с данными, полученными в ходе оценки фаринографических характеристик теста.

Наибольшая скорость клейстеризации крахмала ( $\beta$ , Н·м / мин) (0,73) наблюдается для образца с 10 %-ным замещением муки пшеничной мукой из зерна сорго, не прошедшего ГТО. Наибольшая скорость амилолиза ( $\gamma$ , Н·м / мин) у образца муки пшеничной высшего сорта (-0,055), наименьшая – у образца с 10 %-м замещением муки пшеничной мукой из зерна сорго, не прошедшего ГТО (-0,082). Эти результаты согласуются с резуль-

татами оценки числа падения, приведенными ранее.

На рисунке 7 представлен график-сравнение трех образцов теста, сгенерированный системой Profiler. В таблице 4 приведены значения индексов муки пшеничной высшего сорта и смесей из муки пшеничной и сорговой муки.



Рисунок 7 – График-сравнение Profiler

Figure 7 – Graph-Profiler comparison

Таблица 4 – Индексы Profiler

Table 4 – Profiler Indexes

Мука (смесь)	ВПС	Замес	Клейковина	Вязкость	Амилаза	Ретроградация крахмала
Контроль	3	3	8	8	6	6
Мука пшеничная – 90 %; мука сорговая с ГТО – 10 %	5	6	7	7	3	6
Мука пшеничная – 90 %; мука сорговая без ГТО – 10 %	2	4	8	8	6	7

Оценка индекса водопоглотительной способности (ВПС) протекает в первый период времени замешивания теста и показывает количество воды, необходимое для замеса теста требуемой консистенции ( $1,1 \pm 0,05$ ) Н·м. Чем выше этот индекс, тем большее количество воды требуется для достижения такой консистенции. Из данных, представленных в таблице, следует, что добавление 10 % муки из сорго, прошедшего ГТО, увеличивает данный индекс до 5. Возможно, это связано также с увеличением размера частиц муки при добавлении муки из сорго, прошедшего ГТО, так как операция пропаривания укрепляет ядро. А поскольку при размоле ядра использовалась лабораторная мельница молоткового типа, которая не обеспечивает настолько тонкий помол, который характерен для производственных условий, нам удалось сохранить структуру белковых и крахмальных соединений, входящих в состав сорго.

Вследствие этого, они более равномерно набухали при образовании теста.

Индекс замеса характеризует стабильность и сохранность консистенции теста при воздействии лопастей прибора. Этот индекс напрямую зависит от индекса ВПС, то есть, чем большее количество воды вобрала в себя смесь, тем дольше и неохотнее она будет ее отдавать. Образец смеси с добавлением 10 % муки из зерна сорго, прошедшего ГТО, также показал наилучший результат – 6, что, вероятно, также связано с сохранностью белковых и крахмальных соединений муки.

Каркас теста – это не только белковые вещества муки, это совокупность всех биополимеров зерна, включая крахмал, липиды, а также ферменты. Взаимодействие всех этих компонентов влияет на структуру теста. Индекс клейковины характеризует сопротивление каркаса теста повышению температуры (30-60 °С). Кроме того, это период, при котором набухают гранулы крахмала, в основном

## КАЧЕСТВО МУКИ ИЗ ЗЕРНА СОРГО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И СОРГОВОЙ МУКИ

без разрушения их структуры амилазами. Данный период соответствует периоду поднятия теста в печи. Этот индекс не должен быть как слишком высоким, так и слишком низким, оптимум – от 6 до 8, поскольку слишком низкий индекс говорит о высокой растяжимости теста, а слишком высокий – об излишней упругости. Все исследуемые образцы имеют индекс от 7 до 8 и находятся в оптимуме.

Индекс вязкости показывает фазу, при которой максимальное количество химических компонентов муки вступает во взаимодействие. Чем выше данный индекс, тем равномернее и крупнее будет пористость готового изделия. Для всех исследуемых образцов данный индекс достаточно высокий – от 7 до 8.

Индекс ретроградации крахмала показывает стремление амилопектина в результате снижения температуры вернуться в первоначальное состояние. С данным процессом связана длительность свежести готового изделия. Для пшеничной муки данный показатель уже изначально достаточно высок и составляет 6. Сорговая мука не оказала большого влияния на данный индекс.

### ВЫВОДЫ

Сорговая мука, полученная с использованием ГТО зерна, имеет хорошие органолептические свойства, а именно: сладковатый привкус и приятный пряничный запах, однако мука из зерна сорго, не прошедшего ГТО, имеет более светлый оттенок. Оба вида сорговой муки увеличивают число падения в смесях с мукой пшеничной, что может положительно повлиять на муку с высокой активностью ферментов. Кроме того, сорговая мука снижает количество клейковины в смеси и укрепляет ее. Замена 10 % муки пшеничной высшего сорта мукой из зерна сорго, прошедшего ГТО, улучшает водопоглотительную способность муки, увеличивает стабильность и снижает разжижение теста.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тенденции развития хлебопекарного рынка России / Л. Н. Алайкина, О. К. Котар, Н. А. Новикова, Н. В. Уколова // *Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции.* 2019. С. 10-4.
2. Апаршева, В. В. Композиция растительных ингредиентов в технологии производства хлеба пшеничного // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.* 2015. № 3. С. 16-22.
3. Калмыкова О. В. Влияние функциональных ингредиентов на качество хлебобулочных изделий // *Пути* **POLZUNOVSKIY VESTNIK № 3 2022**

интенсификации пр-ва и перераб. с.-х. продукции в соврем. условиях. 2014. С. 228-231.

4. Матвиенко Е. В. Сорго как пищевая культура // *International agricultural journal.* 2020. № 3. С. 100-108.

5. Балакай С. Г. Сорго – культура больших возможностей // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации.* 2012. № 1(05). С. 83-90.

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

7. Кононов В. М., Селиванова В. Ю. Пищевое сорго – перспективная зерновая культура // *Научно-агрономический журнал.* 2008. С. 26-30.

8. Разработка рецептуры хлеба профилактического назначения с применением муки из цельнозернового зерна сорго и морковного порошка / В. С. Агибалова, Т. Н. Тертычная, Е. Е. Курчаева, И. В. Мажулина, Е. А. Андрианов // *Хлебопродукты.* 2015. № 6. С. 46-47.

9. Пашкова Е. Ю., Волкова А. В. Влияние применения муки из зерна сорго на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта // *Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции.* 2018. С. 208-212.

10. Sorghum Grain: From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications / Y. Xiong, P. Zhang, R. D. Warner, Z. Fang // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2019. Vol. 18. P. 2025-2046.

11. Перспективы применения зерна сорго для производства хлебобулочных изделий / В. С. Агибалова, Т. Н. Тертычная, В. И. Манжесов // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета.* 2012. № 2 (33). С. 189-191.

12. Анализ применения зерна сорго и продуктов его переработки в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Никитин И. А., Свечников А. Ю., Зоц А. Д., Алфимова А. Д., Татраев Д. А., Мириев М. О. // *Технические науки — от теории к практике.* 2016. № 12 (60). С. 123-129.

13. Время чествовать сорго / А. З. Большаков, С. М. Бондаренко, С. В. Кадыров, Ю. Н. Клепко и др. Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2008. 60 с.

14. Sorghum bran as an antioxidant in pork and poultry products / A. R. Cabral, C. Waters, H. L. Laird, L.C. Cavitt, R. K. Miller, W. L. Rooney, C. Z. Alvarado, J. M. Awika, C. R. Kerth // *Meat and Muscle Biology.* 2019. № 2. P. 83.

15. The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control / T. Dapčević Hadnađev, M. Pojić, M. Hadnađev, A. Torbica // *Wide Spectra of Quality Control.* 2011. P. 335-360.

16. Rumler R., Schönlechner R. Effect of Sorghum on Rheology and Final Quality of Western Style Breads: A Literature Review // *Foods.* 2021. P. 1-15.

17. Мельников Е. М. Интенсификация технологических процессов крупяного производства: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.02. Москва, 1980. 41 с..

18. Индекс качества. Современный метод контроля качества муки по реологическим свойствам теста, определяемым с помощью Mixolab Profiler // *Индекс качества.* Электрон. текст. дан. Режим доступа : <https://soctrade-agro.ru/upload/iblock/819/8193aebed-77c480274d972eed22d9896.pdf>.

19. ГОСТ ISO 17718-2015 Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение реологических свойств теста в зависимости от условий замеса и повышения температуры. Москва: Стандартинформ, 2016. 28 с.

### Информация об авторах

Е. С. Серебренникова аспирант кафедры ТХПЗ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8 (3852) 29-07-55, e-mail: silver.775594@mail.ru.

Л. В. Анисимова, к.т.н., доцент, доцент кафедры ТХПЗ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8 (3852) 29-07-55, e-mail: anisl@mail.ru.

### REFERENCES

1. Alaikina, L.N., Kotar, O.K., Novikova, N.A. & Ukolova, N.V. (2019). Trends in the development of the bakery market in Russia. *Agrarian science in the XXI century: problems and prospects. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. 10-14. (In Russ.).
2. Aparsheva, V.V. (2015). Composition of vegetable ingredients in wheat bread production technology. *Bulletin of the Moscow State Agrarian University*, (3), 16-22. (In Russ.).
3. Kalmykova, O.V. (2014). Influence of functional ingredients on the quality of bakery products. *Ways of intensification of production and processing of agricultural products in modern conditions*. 228-231. (In Russ.).
4. Matvienko, E.V. (2020). Sorghum as a food culture. *International agricultural journal*. (3), 100-108. (In Russ.).
5. Balakai, S.G. (2012). Sorghum – culture of great opportunities. *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. 1(05). 83-90. (In Russ.).
6. FAOSTAT. (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
7. Kononov, V.M. & Selivanova, V.Yu. (2008). Food sorghum – a promising grain crop. *Scientific and agronomic journal*, 26-30. (In Russ.).
8. Agibalova, V.S., Tertychnaya, T.N., Kurchaeva, E.E., Mazhulina, I.V. & Andrianov, E.A. (2015). Development of a recipe for preventive bread with the use of flour from whole grain sorghum and carrot powder. *Bread products*. (6), 46-47. (In Russ.).
9. Pashkova, E.Yu. & Volkova A.V. (2018). The influence of the use of sorghum grain flour on the quality of bread made from high-grade wheat flour. *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex Collection of scientific works of the International Scientific and Practical Conference*. 208-212. (In Russ.).
10. Xiong, Y., Zhang, R. D. & Warner, Z. (2019). Fang Sorghum Grain: From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications. *Com-*

*prehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. (18). 2025-2046.

11. Agibalova, V.S., Tertychnaya, T.N. & Manzhosov, V.I. (2012). Prospects of using sorghum grain for the production of bakery products. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2(33). 189-191. (In Russ.).
12. Nikitin, I.A., Svechnikov, A. Yu., Zots, A.D., Alfirmova, A.D., Tatraev, D. A. & Miriev, M. O. (2016). Analysis of the use of sorghum grain and its processed products in the technology of bakery and flour confectionery products. *Technical sciences - from theory to practice*. 12 (60). Pp. 123-129. (In Russ.).
13. Bolshakov, A.Z. Bondarenko, S.M. Kadyrov, S.V. & Klepko, Yu.N. (2008). Time to honor sorghum. Rostov-on-Don: CJSC "Rost-izdat", 60. (In Russ.).
14. Cabral, A. R., Waters C., H. L., Laird, L.C., Cavitt, R. K., Miller, W. L., Rooney, C. Z., Alvarado, J. M. & Awika, C. R. (2019). Kerth Sorghum bran as an antioxidant in pork and poultry products. *Meat and Muscle Biology*. (2). 83–83
15. Dapčević Hadnađev, T., Pojić, M., Hadnađev, M. & Torbica, A. (2011). The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control. *Wide Spectrum of Quality Control*. 335-360.
16. Rumler, R. & Schönlechner R. (2021). Effect of Sorghum on Rheology and Final Quality of Western Style Breads. *A Literary Review. Foods*. 1-15.
17. Melnikov, E. M. (1980). Intensification of technological processes of cereal production. Candidate's thesis. Moscow. (In Russ.).
18. Quality Index. A modern method of flour quality control according to the rheological properties of the dough, determined using Mixolab Profiler. *Quality index*. Retrieved from <https://soctrade-agro.ru/upload/iblock/819/8193aebed77c480274d972eed22d9896.pdf>.
19. Grain and flour from soft wheat. (2016). Determination of the rheological properties of the dough depending on the kneading conditions and temperature rise. *HOST ISO 17718-2015*. M.: Standartinform. (In Russ.).

### Information about the authors

E. S. Serebrennikova, post-graduate student of the Department of THPZ of the Polzunov Altai State Technical University, tel.: 8 (3852) 29-07-55, e-mail: silver.775594@mail.ru.

L. V. Anisimova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of THPZ of Polzunov Altai State Technical University, tel.: 8 (3852) 29-07-55, e-mail: anisl@mail.ru.

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.