

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-2-14-21>

УДК 664.641.12:633.174

© 2023



Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Влияние муки из зерна сорго на реологические свойства пшеничного полуфабриката

Валентина А. Буховец^{1*}, Ольга Б. Каменева^{1, 2},
Ольга В. Картавенко¹, Кристина А. Куклина¹

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии им. Н.И. Вавилова»;

пр-кт им. Петра Столыпина, зд.4, стр.3, 410012, Россия, г. Саратов

²ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго
и кукурузы «Россорго»;

1-й Институтский пр., 4, 410050, Россия, г. Саратов

Аннотация. Реологические процессы, связанные с необратимыми остаточными деформациями и течением разнообразных пластичных и вязких материалов, явлениями напряжений, релаксации. В пищевой промышленности ингредиенты, полуфабрикаты и готовые изделия, имеют разные реологические свойства. Эти свойства зависят от различных факторов: состава вещества, влажности, температуры, интенсивности и продолжительности термических и механических воздействий. Изучение и применение различных комбинаций таких воздействий на производстве может обеспечить заданный уровень реологических характеристик на протяжении всего технологического процесса, что позволит стабилизировать качество продукции, увеличить выход и получить готовые изделия постоянного, заданного качества.

Цель работы состояла в изучении реологических свойств полуфабрикатов из композитной смеси пшеничной и муки сорго.

Объектами исследования стали: образцы полуфабрикатов, содержащие 10, 20, 30, 40% муки сорго. Контролем выступал образец, содержащий 100% муки пшеничной высшего сорта.

Для проведения испытаний применяли прибор Миксолаб позволяющий определить водопоглотительную способность композитной смеси, реологические свойства теста во время замеса и нагрева. Исследовали состояние белково-протеиназного (при температурах от +20 до +50°C) и углеводно-амилазного (при температурах от +60 до +90°C) комплексов хлебопекарной смеси на одной пробе полуфабриката.

Установили, что образцы содержащие муку сорго, имеют более стабильное тесто, в сравнении с контрольным образцом на это указывает увеличение показателя времени

стабильности теста с 10,93 до 11,62 мин. Также с увеличением количества муки сорго в хлебопекарной смеси от 10 до 30% снижается показатель ретроградации крахмала до 4,99 Н*м в сравнении с контролем – 5,71 Н*м, что указывает на увеличение времени свежести готовой продукции.

Результаты исследования могут быть использованы при создании рецептур новых изделий; разработке технологий производства хлебобулочных, мучных кондитерских изделий; определения и контроля качества готовых изделий, полуфабрикатов.

Ключевые слова: сорго зерновое, мука, реология, тесто, качество, миксолаб, сорт Бакалавр, миксолабограммы

Для цитирования: Буховец В.А., Каменева О.Б., Картавенко О.В. и др. Влияние муки из зерна сорго на реологические свойства пшеничного полуфабриката. Новые технологии / New technologies. 2023; 19 (2): 14-21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-2-14-21>

Influence of sorghum flour on the rheological properties of semi-finished wheat product

Valentina A. Bukhovets^{1*}, Olga B. Kamenewa^{1, 2},
Olga V. Kartavenko¹, Kristina A. Kuklina¹

¹FSBEI HE «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after V.I. N.I. Vavilov»; Peter Stolypin Ave., building 4, building 3, 410012, Russia, Saratov

²FSBSI «Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn «Rossorgo»;
1st Institutskiy Ave., 4, 410050, Russia, Saratov

Abstract. Rheological processes are associated with irreversible residual deformations and flow of various plastic and viscous materials, stress and relaxation phenomena. In the food industry ingredients, semi-finished products and finished products have different rheological properties. These properties depend on various factors: substance composition, humidity, temperature, intensity and duration of thermal and mechanical effects. Study and application of various combinations of such effects in production can provide a given level of rheological characteristics throughout the entire technological process, which will stabilize product quality, increase yield and obtain finished products of constant, specified quality.

The purpose of the research was to study the rheological properties of semi-finished products from a composite mixture of wheat and sorghum flour.

The objects of the research were samples of semi-finished products containing 10, 20, 30, 40% of sorghum flour. The control sample contained 100% wheat flour of the highest grade.

Mixolab device was used during testing to determine the water absorption capacity of the composite mixture, the rheological properties of the dough during kneading and heating. The state of the protein-proteinase (at temperatures from +20 to +50°C) and carbohydrate-amylase (at temperatures from +60 to +90°C) complexes of the baking mixture was studied on one sample of the semi-finished product.

It was found that samples containing sorghum flour had a more stable dough, compared with the control sample, that was indicated by an increase in the dough stability time from 10,93 to 11,62 minutes. Also, with an increase in the amount of sorghum flour in the baking mixture from 10 to 30%, the starch retrogradation index decreased to 4,99 Н*м in comparison with the control one – 5,71 Н*м, which indicated an increase in the freshness time of the finished product.

The results of the research can be used to create recipes for new products; development of technologies for the production of bakery, flour confectionery products; determination and quality control of finished products and semi-finished products.

Keywords: grain sorghum, flour, rheology, dough, quality, mixolab, *Bachelor* variety, mixolabograms

For citation: Bukhovets V.A., Kamenewa O.B., Kartavenko O.V., et al. Influence of sorghum flour on the rheological properties of semi-finished wheat product. *Novye tehnologii / New technologies*. 2023; 19 (2): 14-21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-2-14-21>

Введение. Культура сорго становится все более распространенной в мире и связано это с глобальными климатическими изменениями, высокой урожайностью и ее ценными биологическими особенностями. Сорго является одной из древнейших культур в мировом земледелии. Наравне с такими традиционными зерновыми как пшеница, рис, просо, ячмень, кукуруза, зерновое сорго применяется для приготовления хлебных продуктов.

Род *Sorghum* африканского происхождения. Сорго (*Sorghum bicolor*) – уникальная сельскохозяйственной культура, обладающая не только жаростойкостью, засухоустойчивостью, высокой урожайностью, но при этом невысокой требовательностью к питательным веществам и почвам, солеустойчивостью и способностью произрастать в критически складывающихся климатических условиях [1].

Зерно сорго и цельносмолотая мука из него характеризуются довольно высоким показателем белка. Количество белка, содержащего незаменимые аминокислоты, у различных форм варьирует от 9,0 до 15,0%. Сорговый белок не содержит глютен (проламин зерновых). Содержание жира в 100 г зерна до 5,0 г, который представлен ненасыщенными жирными кислотами, в том числе линолевую 38-42 мг, линоленовую – 3-4 мг. В зерне сорго содержится значительное количество витамина Е. Сорговая мука, особенно цельнозерновая, богата клетчаткой – пищевыми волокнами (до 3,0%), которые замедляют усвоение сахара в

кишечнике, чем способствует поддержанию здорового уровня сахара в крови. Поэтому введение муки сорго в качестве обогатителя в рецептуры хлебобулочных и других мучных изделий особенно актуально. В связи с этим контроль качества мучного полуфабриката необходимо осуществлять не только с помощью отдельных параметров таких как количество крахмала, протеина, клетчатки, жиров в конкретном образце, но важно понимать и оценить влияние этих компонентов друг на друга в процессе образования теста.

Цель исследования – изучение реологические свойств тестовых систем композитных смесей с использованием прибора Миксолаб.

Объекты и методы исследования.

Материалы. Для исследований был взят сорт зернового сорго Бакалавр. Из зерна сорго получена цельнозерновая мука (ТУ № 10.61.22-001-03555402-2022) [2]. Образец пшеничной муки высшего сорта - из торговой сети (ГОСТ 26574-2017).

Объекты. Анализировали пробы с массовой долей муки сорго 10, 20, 30, 40%, реологические показатели сравнивали с контролем (100% пшеничной муки).

Методы. Для изучения реологических свойств применяли прибор Миксолаб и лабораторный метод, позволяющий быстро и надежно подобрать оптимальные соотношения сырья и воды, оценить влияние многокомпонентных смесей друг на друга, а также оценить изменения в вязкоупругих свойствах теста из

пшеничной муки без проведения пробных выпечек, и с высокой точностью прогнозировать качество готовой продукции (ГОСТ ISO 17718-2015) [3].

Результаты исследований. Прибор Миксолаб позволяет получить миксолабограммы (реологическая кривая), описывающая зависимость крутящего

момента (H^*m) от времени (мин.) в политермальном режиме для каждого образца. Политермальный режим выражали в изменении температуры в зависимости от фазы эксперимента, каждая из которых отражает протекание определенных биохимических процессов, рисунок 1.

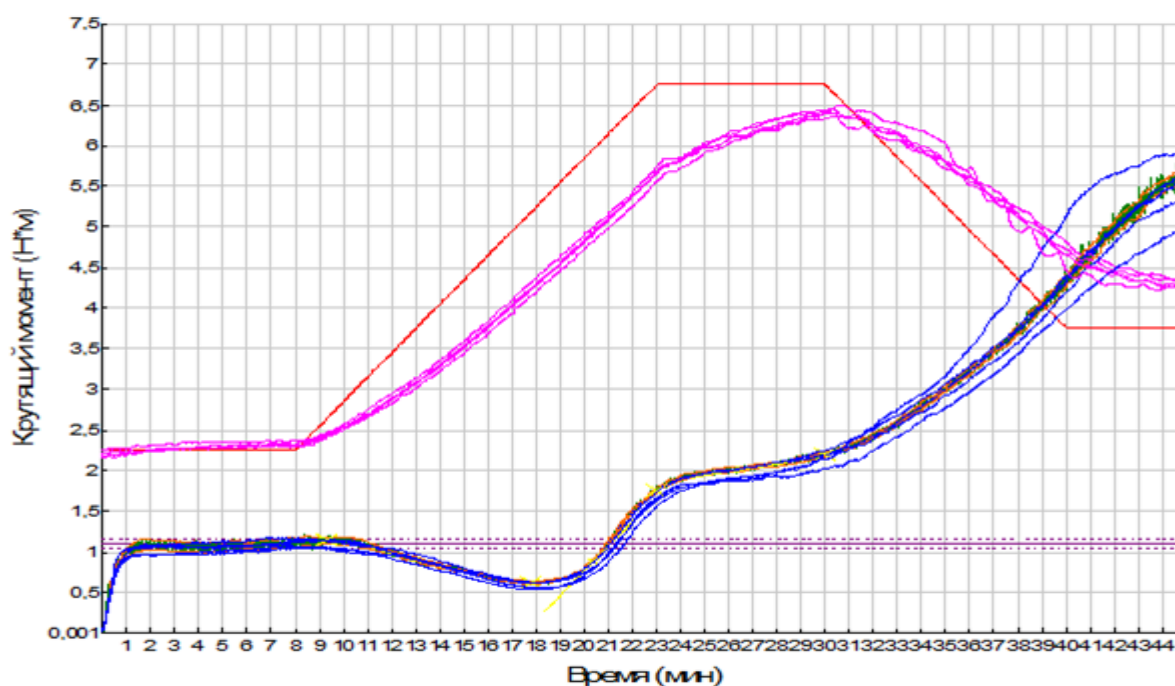


Рис. 1. Реологические кривые сравнительных миксолабограмм

Fig. 1. Rheological curves of comparative mixolabograms

Возможности прибора позволили на основании рассчитанных системой шести индексов получить профилограммы, которые упрощают сравнение показателей с контролем, рисунок 2.

Оси профилограммы отражают следующие фазы: время образования теста, ослабевание протеинов, гелеобразование крахмала, амилолитическую активность и затвердевание крахмала, и оцениваются по шкале от 0 до 9 [4].

Индекс ВПС (водопоглотительная способность) с 59,8% снизился в смеси с максимальной дозировкой сорго (40%)

до 51,2%, что будет несколько снижать интенсивность подъем теста.

Одним из важных показателей качества теста является показатель стабильности теста. Он выражается в том, как тесто при 30°C сопротивляется деформации, оказываемой лопастями прибора при замешивании. В данном случае оценивается сила теста, основанная за счет протеинового комплекса образца. Величина этого показателя для хлебобулочных изделий должна быть значительной.

1) Индекс: 7-68-490



2) Индекс: 4-58-490



3) Индекс: 3-58-390



4) Индекс: 1-58-299



5) Индекс: 1-57-390



Рис. 2. Профилограммы теста, полученного из смеси пшеничной муки и сорговой

1) – контроль (пшеничная мука 100%); 2) – смесь с мукой сорго 10%;
3) – с мукой сорго 20%; 4) – смесь с мукой сорго 30%; 5) – смесь с мукой сорго – 40%

Fig. 2. Profilograms of dough obtained from a mixture of wheat flour and sorghum

1) – control sample (100% wheat flour); 2) – mixture with 10% sorghum flour;
3) – with 20% sorghum flour; 4) – mixture with 30% sorghum flour; 5) – mixture with 40% sorghum flour

По миксолограмме стабильность теста (C1) у контроля составила 10,93 мин, с увеличением дозировки муки сорго этот параметр достиг 11,62 мин в образце с содержанием сорго 40%. Согласно профилограммам значение стабильности теста для всех изучаемых образцов лежит в интервале от 5-6, что соответствует сильной муке, которая подходит для формового хлеба, лапше из твердой пшеницы [5].

Следующий этап наступает при нагревании теста от 30° до 60° С. В этой фазе разжижения происходит снижение

консистенции за счет разрывов водородных связей, которые скрепляют протеиновые молекулярные цепочки, и одновременно набухание гранул крахмала (индекс Глютен+). Низкий индекс Глютен+ указывает на небольшое количество водородных связей и наоборот, высокий на устойчивость протеиновой структуры. Доказано практически, что существует прямая связь между минимальным значением консистенции теста и поднятием теста во время выпечки. Так, тесту с высоким значением Глютен+ присуща большая эластичность, которая будет оказывать сопротивление

подъему теста во время выпечки. Этот показатель напрямую связан с объемом получаемого хлеба. Показатель (С2) при добавлении 10, 20, 30 % муки сорго снизился с 0,62 до 0,54, а с 40% долей показатель равен контрольному – 0,62 [4].

Индекс вязкости (С3) характеризует фазу, при которой наибольшее количество физико-химических и биохимических параметров вступают во взаимодействие. Вода из протеиновых соединений тестовой заготовки переходит к крахмалу. В эту фазу происходит гелеобразования крахмала и активизация энзимов в разжиженном крахмале под воздействием эндогенной и экзогенной амилазы. Процесс происходит при температуре 60°-75°С. Низкий показатель индекса вязкости указывает в одних случаях на высокую амилолитическую активность, в других – на особенность структурного качества крахмала. В наших исследованиях этот показатель снижался по сравнению с контролем с 1,76 до 1,55 Н*м.

Готовый хлеб состоит на 50% из крахмала, 40% воды и 7% протеинов. После выпечки хлебного изделия крахмал начинает затвердевать. Затвердевание хлеба напрямую связано с процессом кристаллизации крахмала (в основном амилопектина). Этот процесс происходит при снижении температуры

от 90° до 50°С. Этот индекс очень важен в оценке готовой продукции на устойчивость к зачерствению и сохранению товарного вида. Чем выше значение ретроградации крахмала, тем выше скорость и сила кристаллизации крахмала, а следовательно, быстрее наступает зачерствение мякиша и исчезает хруст корок хлебобулочного изделия. Показатель ретроградации крахмала у контроля 5,71 Н*м и с добавлением муки сорго на 10, 20, 30% снижается до 4,99 Н*м. С массовой долей в 40% сорго возрастает до 5,96 Н*м, что несколько превышает этот показатель у контроля.

Вывод. Изучены реологические свойств тестовых систем композитных смесей с использованием прибора Миксолаб. В результате сравнения профилограмм и миксолабограмм исследуемых смесей отмечено положительное влияние муки сорго в дозировке до 30% на протеиновый и углеводно-амилазный комплекс пшеничной муки, который ведет к улучшению свойств пшеничного полуфабриката. Следовательно, при использовании муки из зерна сорго в соотношении 30:70 в смеси с пшеничной мукой высшего сорта возможно получение качественных и обогащенных клетчаткой и витаминами хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Костина Г.И., Семин Д.С., Ефремова И.Г. Селекция зернового сорго на пищевые цели в условиях Нижнего Поволжья. Кукуруза и сорго. 2012; 2: 3-6.
2. Мука сорговая цельнозерновая: технические условия № 10.61.22-001-03555402-2022 от 07.06.2022 / Сазонова И.А. [и др.] (Сертификат № РОСС RU. АБ90.Н01304 от 27.09.22 по 26.09.25 № 0047319)
3. ГОСТ ISO 17718-2015 Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение реологических свойств теста в зависимости от условий замеса и повышения температуры. М.. Стандартиформ, 2016. 27 с.
4. Дюба А., Рысев К. Современный метод контроля качества зерна и муки по реологическим свойствам теста, определяемым с помощью Миксолаб профайлер. Управление реологическими

свойствами пищевых продуктов: материалы I научно-практической конференции и выставки с международным участием (25-26 окт. 2008 г.). М.: МГУПП. 2008: 86-95.

5. Особенности реологических свойств теста на основе яровой мягкой пшеницы / Кулеватова Т.Б. [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2 (42). С 111-118.

6. Оценка свойств муки из зерна тритикале с использованием системы Миксолаб / Туляков Д.Г. [и др.]. Хранение и переработка сельхозсырья. 2017; 1: 20-23.

7. Каменева О.Б., Буховец В.А. Биохимическая оценка муки из зерна сорго. Большая студенческая конференция: сборник статей V всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием (Пенза, 5 мая 2023 г.). Пенза, 2023: 21-26.

8. Sadygova M.K., Bukhovets V.A., Belova M.V. [et al.] Technology solutions in case of using chickpea flour in industrial bakery. Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2018; 19(2): 169-180.

REFERENCES:

1. Kostina G.I. Selection of grain sorghum for food purposes in the conditions of the Lower Volga region. Corn and sorghum. 2012; 2: 3-6. (In Russ).

2. Sazonova I.A., Kameneva O.B., Bochkareva Yu.V. [et al.] Whole-grain sorghum flour No. 10.61.22-001-03555402-2022 dated 07.06. 2022 (Certificate No. ROSS RU. AB90.N01304 dated 27.09.22 to 26.09.25 No. 0047319 (In Russ)).

3. GOST ISO 17718-2015 Grain and flour from soft wheat. Determination of the rheological properties of the dough depending on the conditions of kneading and temperature increase. Moscow: Standartinform; 2016. (In Russ).

4. Dyuba A., Rysev K. A modern method for monitoring the quality of grain and flour by the rheological properties of the dough, determined using the Mixolab profiler: management of the rheological properties of food products: materials of the I scientific-practical. conf. and exhibitions with international participation (October 25-26, 2008). Moscow: MGUPP. 2008: 86-95. (In Russ).

5. Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Beketova G.A. [et al.] Features of the rheological properties of dough based on spring soft wheat. Grain legumes and cereals. 2022; 2 (42): 111-118/ (In Russ).

6. Tulyakov D.G., Meleshkina E.P., Vitol I.S. [et al.]. Evaluation of the properties of triticale grain flour using the Mixolab system. Storage and processing of agricultural raw materials. 2017; (1): 20-23. (In Russ).

7. Kameneva O.B., Bukhovets V.A. Biochemical evaluation of sorghum flour. Collection of articles of the V All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation. 2023: 21-26. (In Russ).

8. Sadygova M.K., Bukhovets V.A., Belova M.V. [et al.] Rysmukhambetova G.E. Technology solutions in case of using chickpea flour in industrial bakery. Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2018; 19 (2): 169-180. (In Russ).

Информация об авторах / Information about the authors

Валентина Алексеевна Буховец, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова»

vbukhovets@yandex.ru

тел.: +7 (927) 624 54 80

Ольга Борисовна Каменева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий

Valentina A. Bukhovets, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

vbukhovets@yandex.ru

tel.: +7 (927) 624 54 80

Olga B. Kamenewa, Ph.D. (Agr.), Leading Researcher of the Department of

научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго»

магистрант ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова»

kamenewa.olga2012@yandex.ru
тел.: +7 (965) 881 46 51

Ольга Валерьевна Картавенко, бакалавр, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова»

kartavenkoolya@yandex.ru
тел.: +7 (927) 166 62 34

Кристина Анатольевна Куклина, бакалавр, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова»

mnka2001@list.ru
тел.: +7 (904) 424 32 71

Biochemistry and Biotechnology of the Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn «Rossorgo»,

Master student of Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

kamenewa.olga2012@yandex.ru
tel.: +7 (965) 881 46 51

Olga V. Kartavenko, Bachelor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

kartavenkoolya@yandex.ru
tel.: +7 (927) 166 62 34

Kristina A. Kuklina, Bachelor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

mnka2001@list.ru
tel.: +7 (904) 424 32 71

Поступила в редакцию 08.04.2023; поступила после рецензирования 15.05.2023; принята к публикации 16.05.2023

Received 08.04.2023; Revised 15.05.2023; Accepted 16.05.2023