

Юлия Юрьевна Никонорова

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, младший научный сотрудник аналитической лаборатории зерна, кормов и почвы, п.г.т. Усть-Кинельский, Кинель, Самарская обл., Россия
E-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Алла Викторовна Волкова

Самарский государственный аграрный университет, доцент кафедры технологии производства и экспертизы продуктов из растительного сырья, кандидат сельскохозяйственных наук, п.г.т. Усть-Кинельский, Кинель, Самарская обл., Россия
E-mail: avvolkova76@rambler.ru

Андрей Николаевич Макушин

Самарская государственная сельскохозяйственная академия, доцент кафедры технологии производства и экспертизы продуктов из растительного сырья, кандидат сельскохозяйственных наук, п.г.т. Усть-Кинельский, Кинель, Самарская обл., Россия
E-mail: Mak13a@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА И ХЛЕБА ИЗ СМЕСИ МУКИ ПШЕНИЧНОЙ ВЫСШЕГО СОРТА И СОРГОВОЙ МУКИ

Зерно сорго является источником ряда ценных компонентов, его используют как нетрадиционное сырье для направленного обогащения пищевой ценности хлебобулочных изделий. Цель исследования – изучение реологических свойств теста из композитных смесей муки пшеничной высшего сорта с добавлением сорговой муки. Основными объектами исследований выступали мучные композитные смеси, полученные путем смешивания муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и муки из зерна сорго в процентном соотношении 99:1; 97:3; 95:5; 93:7 и 90:10. Тесто из мучных композитных смесей оценивали по следующим показателям: содержание сырой клейковины, качество клейковины, альвеограмма теста, внешний вид готового продукта, состояние мякиша, выход и объем хлеба, а также кислотность и пористость мякиша. Исследование образцов полуфабриката на реологические свойства теста проводили на приборе Chopin альвео-консистограф модели NG в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН. Изучение реологических свойств исследуемых образцов теста показало, что мука из зерна сорго меняет структуру клейковины композитных смесей в сторону фракций глиадина, так как в сорговой муке мало глютена. С увеличением дозировки муки из зерна сорго в мучных композитных смесях идет увеличение упругих свойств клейковины, при соотношении пшеничной муки и сорговой муки в размере 95:5, количество клейковины составило 28,28 %, ИДК – 79 ед. приб. Энергия деформации W начинает повышаться при незначительном соотношении – 97:3. Выход и объем хлеба также увеличиваются. Внешний вид с добавлением сорговой муки по сравнению с контролем не изменился. Можно утверждать, что внесение сорговой муки в рецептуру пшеничного хлеба в размере 3–5 % улучшает органолептические, реологические и физико-химические свойства теста и готовой продукции.

Ключевые слова: зерно, сорго, мука, количество клейковины, упругость, растяжимость, альвеограмма.

Yuliya Yu. Nikonorova

Junior Researcher, Analytical Laboratory of Grain, Forage and Soil, Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov – Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ust-Kinelsky, Kinel, Samara Region, Russia
E-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Alla V. Volkova

Cand. of Agr. Sci., Assoc. Prof., Department of Production Technology and Expertise of Products from Plant Raw Materials, Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Kinel, Samara Region, Russia
E-mail: avvolkova76@rambler.ru

Andrei N. Makushin

Cand. of Agr. Sci., Assoc. Prof., Department of Production Technology and Expertise of Products from Plant Raw Materials, Samara State Agricultural Academy, Ust-Kinelsky, Kinel, Samara Region, Russia
E-mail: Mak13a@mail.ru

STUDY RHEOLOGIC PROPERTIES OF THE TEST AND BREAD MADE FROM A MIXTURE OF PREMIUM WHEAT FLOUR AND SORGHUM FLOUR

Sorghum grain is a source of a number of valuable components and it is used as an untraditional raw material for the directed enrichment of the nutritional value of bakery products. The aim of the study is to study the rheology properties of dough made from composite mixtures of wheat flour of the highest grade with the addition of sorghum flour. The main objects of research were flour composite mixtures obtained by mixing wheat flour of the highest grade and flour from sorghum grain in a percentage ratio 99:1; 97:3, 95:5, 93:7 and 90:10. The dough of the flour blends were evaluated for the following parameters: the content of wet gluten, gluten quality, alveograph test, appearance of finished product, crumbs, output and volume of bread, as well as the acidity and porosity of crumb. The study of samples of semi-finished products for the rheological properties of the test was carried out on the Chopin alveoconsistograph model NG in the Volga Research Institute of the Russian Academy of Sciences. The study of the rheological properties of the test samples under study showed that sorghum flour changes the structure of the gluten of composite mixtures in the direction of gliadin fractions, since sorghum flour is low in gluten. With the increase in the dosage of flour from grain sorghum flour in composite mixtures increase the elastic properties of gluten, the ratio of wheat flour and sorghum flour in the amount of 95:5, amount of gluten was 28,28 % and IDK: 79 items arrived, when the optimal content of gluten for bread and bakery products is according to the readings IDK: 53–77 units and is considered average(good). The strain energy W has already started to increase at an insignificant ratio of 97:3. The yield and volume of bread also increases. The appearance with the addition of sorghum flour did not change in comparison with the control. Based on the research, it can be argued that the introduction of sorghum flour in the recipe of wheat bread in the amount of 3–5 % improves the organoleptic, rheological and physico-chemical properties of the dough and finished products.

Keywords: grain, sorghum, flour, amount of gluten, elasticity, extensibility, alviogram.

Введение. Чем выше пищевая ценность хлеба, тем лучше проходит обогащение хлебобулочных изделий питательными элементами. При употреблении хлеба организм насыщается жизненной силой, энергией (углеводы и жиры), строительным элементом (белки) и органическими веществами (витамины). Для повышения технологических и пищевых свойств хлеба используют улучшители, одним из таких обогатителей считается сорговая мука [1].

Комплексная добавка из сорговой муки, внесенная в композитные смеси или замешенное тесто, улучшает показатели качества клейковины, увеличивая ее растяжимость, также уменьшается время вызревания теста. В результате выпечка с данной добавкой становится эластичной, мягкой и без трещин на поверхности.

Зерно сорго и мука из него богаты клетчаткой (растительными волокнами), которая оказывает

полезное воздействие на желудочно-кишечный тракт, активизирует в кишечнике пищеварительные ферменты. Растительные волокна поддерживают нормальную микрофлору в кишечнике, устраняют дисбактериоз, замедляют усвоение сахара в кишечнике, тем самым поддерживая здоровый уровень сахара в крови.

Также сорговая мука содержит белок, который уменьшает уровень холестерина в крови; незаменимые ненасыщенные жирные кислоты: линолевую (38–42 мг) и линоленовую (3–4 мг на 100 г крупы). Сорговая мука обогащена микроэлементами, такими как железо, марганец и молибден. Они являются важным источником профилактики болезней сердца и сосудов.

Установлена целесообразность использования зерна сорго в виде муки в хлебопечении для повышения пищевой ценности. Сорго удовлетворяет человеческие потребности в белках,

аминокислотах, жирах, углеводах, витаминах и микроэлементах [2]. Однако, с учетом достижений современных знаний, недостаточно теоретических и практических исследований функциональных хлебобулочных изделий с применением сорговой муки. Поэтому актуально изучить перспективы добавления муки из зерна сорго в хлебобулочные изделия [3, 4].

Цель исследования. Изучение реологических свойств теста из композитных смесей муки пшеничной высшего сорта с применением сорговой муки.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования послужили дрожжевое тесто с добавлением сорговой муки в процентном соотношении 99:1, 97:3, 95:5, 93:7 и 90:10 и готовые хлебобулочные изделия. Хлеб готовили из композитных смесей: пшеничная мука высшего сорта, дрожжи прессованные, хлористый натрий, вода и сорговая мука. Тесто замешивали в машине – тестомесилке безопасным способом. В термостате тесто бродило при температуре 32 °С. Разделку и формирование производили вручную, и финальная расстойка – при температуре (42 ± 1) °С, влажности воздуха 80–85 %, 50 мин. Выпечка хлеба производилась при температуре 215–220 °С 20–25 мин в лабораторной электропечи с увлажнением.

На альвеографе Chopin проводили исследование реологических свойств теста по ГОСТ Р 51415-99. По методике тесто замешивали с поваренной солью, после расстойки исследовали пробу теста с равномерной толщиной. Далее с помощью воздуха раздували пробу в форме пу-

зыря и фиксировали на графике различия давления внутри пузыря по времени. Полученные результаты анализировали по форме полученных диаграмм [5].

Результаты и их обсуждение. Известно, что пшеничное тесто считается эталоном для сравнительной характеристики реологических свойств теста из других видов муки. Пшеничная мука высшего сорта – это мука тонкого помола из внутренней части зерна, то есть из эндосперма. В тонкостойных клетках эндосперма содержатся белки (глиадин и глютеинин). Эти белки участвуют в образовании клейковины. Они не растворяются в воде и являются основными составляющими глютена. Технологические качества муки и теста определяются по содержанию клейковины: чем выше содержание глиадина и глютеина, тем выше сортность муки.

В отличие от пшеничной муки белки других зерновых культур лучше растворяются в воде и солевых растворах и не образуют клейковину. Но им свойственна высокая пищевая ценность и низкие технологические показатели.

Из литературных данных можно сделать выводы, что сорговая мука в композитных смесях с пшеничной мукой влияет на изменение свойств теста. Для практического обоснования данного влияния были проведены исследования над образцами теста и готового хлеба из пшеничной муки с внесением сорговой муки [5, 7].

Результаты исследования влияния сорговой муки на количество клейковины и единиц прибора ИДК пшеничной муки представлены на рисунке 1.

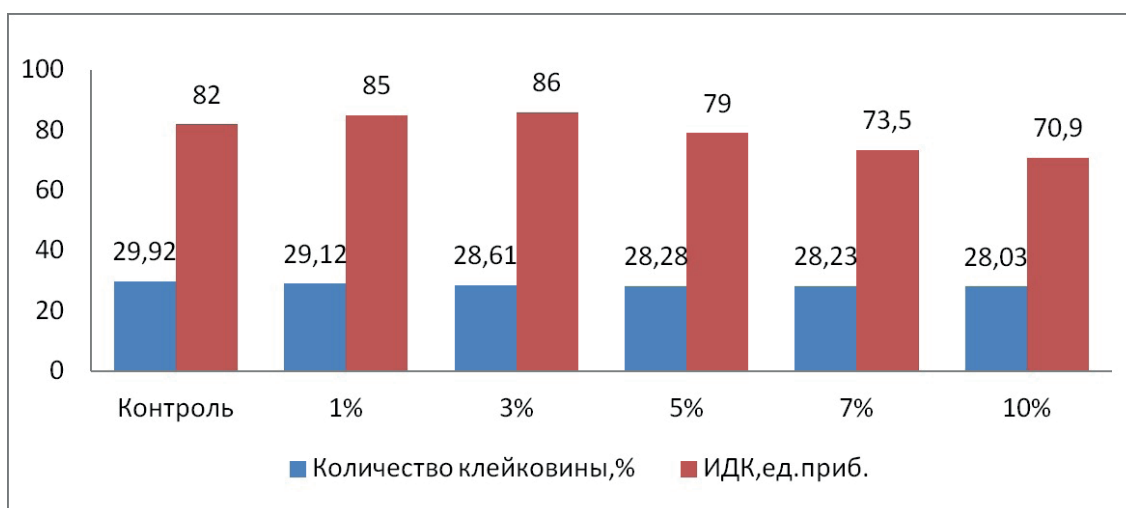


Рис. 1. Количество и качество клейковины композитных смесей пшеничной муки с сорговой мукой

Хлебобулочные изделия с хорошими технологическими характеристиками получаются из качественной муки, у которой содержание клейковины по показателю прибора ИДК: 53–77 единиц. Готовый продукт из таких композитных смесей получается с хорошей пористостью и без трещин. Из полученных диаграмм рисунка 1 видно, что при

увеличении дозировки сорговой муки в композитных смесях количество клейковины уменьшается, а качество ее, наоборот, улучшается.

Альвеограммы исследуемых образцов полуфабрикатов из композитных смесей пшеничной и сорговой муки в соотношении 97:3 и 90:10 представлены на рисунке 2, а их результаты в таблице 1.

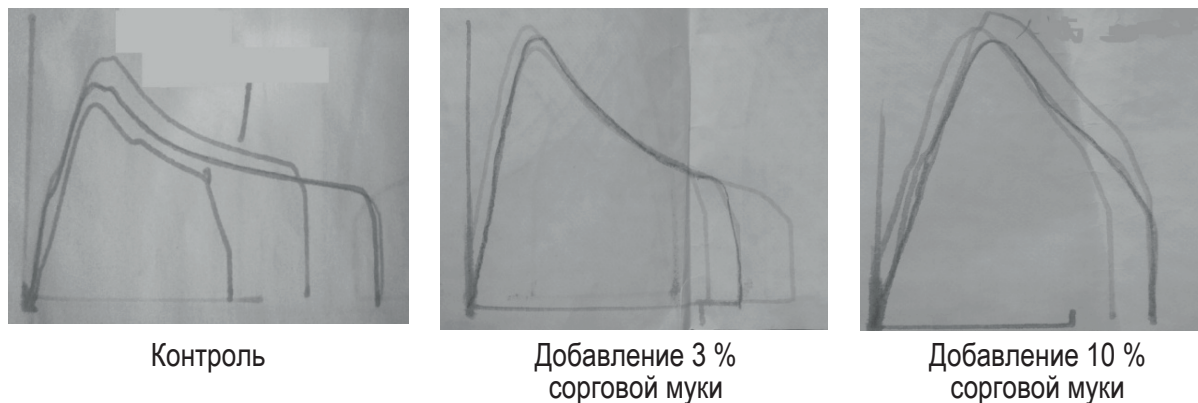


Рис. 2. Альвеограмма полуфабрикатов из композитных смесей пшеничной муки с добавлением сорговой муки

Таблица 1

Влияние внесения сорговой муки на реологические свойства пшеничного теста

Образец	Содержание добавки, %	Энергия деформации теста W , Дж	Максимальное избыточное давление P , мм вод. ст.	Средняя абсцисса при разрыве L , мм	Показатель формы кривой P/L , мм вод. ст. / мм	Индекс раздувания G , мм
Контроль	–	$294 \cdot 10^{-4}$	101,0	85,0	1,2	20,5
С добавлением сорговой муки	1	$320 \cdot 10^{-4}$	121,0	75,0	1,6	19,2
	3	$327 \cdot 10^{-4}$	127,0	65,0	1,9	17,9
	5	$340 \cdot 10^{-4}$	132,0	66,0	2,0	18,0
	7	$348 \cdot 10^{-4}$	134,0	60,0	2,2	17,2
	10	$361 \cdot 10^{-4}$	138,0	58,0	2,3	16,9

В процессе брожения теста идет накопление углекислого газа, клейковина растягивается под давлением и тесто поднимется. Такой же метод применяется и при определении реологических свойств теста на альвеографе. Растяжение теста идет во всех направлениях, а не только вдоль одной оси.

С увеличением дозировки сорговой муки альвеограммы теста показывают максимальное

избыточное давление P (высота кривой), но при этом L (средняя абсцисса) уменьшается. Растяжимость исследуемых образцов теста уменьшается, а упругость, наоборот, возрастает. Энергия деформации W характеризуется как сила муки, и она уже повышается при незначительном соотношении пшеничной муки и сорговой – 97:3. В сорговой муке преобладает фракция глютелинов, и этим объясняются изменения, протекающие

в композитных смесях [7]. Глютелина становится больше, чем глиадида, идет увеличение его упругости и снижение растяжимости.

Завершающим этапом исследований была лабораторная выпечка по ГОСТ 27842-88 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия», по этому же нормативному документу определяли технологические показатели качества готового изделия (табл. 2).

Органолептические показатели определялись при визуальном осмотре и дегустации хлеба. Внешний вид готового изделия соответствовал всем требованиям. Поверхность без трещин, с равномерно выпуклой формой корки и коричневатым оттенком. Мякиш не липкий, ажурный, тонкостенный, хорошо пропеченный. С увеличением дозировки сорговой муки изменялся цвет от белого до белого с желтоватым оттенком. Вкус и аромат хлеба приятный, соответствующий изделию [8].

Таблица 2

Физико-химические показатели качества хлеба из пшеничной муки с добавлением сорговой муки

Показатель	Вариант, %					
	0	1	3	5	7	10
Выход хлеба, %	126,3	134,8	136,8	136,5	136,5	136,6
Пористость мякиша, %	76,54	77,88	80,00	78,53	78,45	78,24
Кислотность мякиша, град	2,00	2,10	2,10	2,10	2,20	2,30

С увеличением внесения дозировки сорговой муки изменяется кислотность от 2,0 до 2,30 град. Эта зависимость объясняется химическим составом нетрадиционного сырья, вводимого в продукт. Кислотность до некоторой степени характеризует вкусовые достоинства готового продукта недостаточно, излишне кислый хлеб неприятен на вкус (у изделий из пшеничной муки 2–5 град). С пористостью хлеба связана его усвояемость (норма для пшеничного хлеба 60–75 %). С внесением 10 % сорговой муки пористость хлеба улучшается на 1,7 % по сравнению с контролем. Выход хлеба также увеличивается.

Выводы. Из полученных данных можно сделать выводы, что мука из зерна сорго при внесении в композитные смеси с пшеничной мукой улучшает показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий. В соотношении пшеничной и сорговой муки 95:5 количество клейковины составило 28,28 %, а ИДК – 79 ед. приб. Энергия деформации W начинает повышаться при незначительном соотношении 97:3. Выход хлеба также увеличивается. Внешний вид муки по сравнению с контролем не изменился.

Основываясь на результатах исследования, можно утверждать, что внесение сорговой муки в рецептуру пшеничного хлеба в размере 3–5 % улучшает органолептические, реологические и физико-химические свойства теста и готовой продукции.

Литература

1. Агибалова В.С., Тертычная Т.Н., Манжесов В.И. Перспективы применения зерна сорго для производства хлебобулочных изделий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. Вып. 2 (33). С. 189–191.
2. Джахангирова Г.З., Махмудова Д.Х., Усмонхужаева Ф.Х.К. Применения нетрадиционного сырья в технологии мучных кондитерских изделий // Universum: технические науки. 2019. № 7 (64). С. 28–31.
3. Ефремова Е.Н. Влияние сорговой муки на показатели пшеничного хлеба // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (113) С. 125–129.
4. Матвиенко Е.В. Сорго как пищевая культура // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63, № 3. С. 12.
5. ГОСТ Р 51415-99 (ИСО 5530-4-91). Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа. М., 1999.
6. Исмаилов Н.А. Влияние способа получения сорговой муки на ее диетические свойства // Наука и образование сегодня. 2018. № 4 (27). С. 16–17.

7. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. СПб.: Профессия, 2005. 416 с.
8. Никонорова Ю.Ю., Волкова А.В. Влияние применения муки из зерна амаранта, сорго и проса на процессы брожения и созревания теста // Евразийский союз ученых. 2020. № 7-8 (76). С. 31–35.
- go gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 3 (113) S. 125–129.
4. Matvienko E.V. Sorgo kak pischevaya kul'tura // International Agricultural Journal. 2020. T. 63, № 3. S. 12.
5. GOST R 51415-99 (ISO 5530-4-91). Muka pshenichnaya. Fizicheskie harakteristiki testa. Opredelenie reologicheskikh svojstv s primeneniem al'veografa. M., 1999.
6. Ismatov N.A. Vliyanie sposoba polucheniya sorgvoj muki na ee dieticheskie sovoystva // Nauka i obrazovanie segodnya. 2018. № 4 (27). S. 16–17.
7. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. СПб.: Профессия, 2005. 416 с.
8. Никонорова Ю.Ю., Волкова А.В. Влияние применения муки из зерна амаранта, сорго и проса на процессы брожения и созревания теста // Евразийский союз ученых. 2020. № 7-8 (76). С. 31–35.

Literatura

1. Agibalova V.S., Tertychnaya T.N., Manzhevov V.I. Perspektivy primeneniya zerna sorgo dlya proizvodstva hlebobulochnyh izdelij // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. Vyp. 2 (33). S. 189–191.
2. Dzhahangirova G.Z., Mahmudova D.H., Usmonhuzhaeva F.H.K. Primeneniya netradicionnogo syr'ya v tehnologii muchnyh konditerskih izdelij // Universum: tehnicheckie nauki. 2019. № 7 (64). S. 28–31.
3. Efremova E.N. Vliyanie sorgvoj muki na pokazateli pshenichnogo hleba // Vestnik Altajsko-

