УДК 633.13:581.192:664.641

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-61-65

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА СМЕСЕЙ С ПШЕНИЧНОЙ МУКОЙ

Е.Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399; **С.Н. Шевченко**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик PAH, директор СамНЦ PAH, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

H.B. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова – филиал СамНЦ РАН.

446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Добавление в композиционные смеси при хлебопечении продуктов переработки овса повышает биологическую ценность нового изделия. Цель исследований — оценить биохимические свойства зерна овса голозерного сортов Багет и Бекас, установить реологические показатели теста смесей, полученных при смешивании овсяной сеяной и цельнозерновой муки с высококачественной пшеничной мукой по результатам фаринографического анализа. Внесение в смеси овсяных продуктов отражается на структурно-механических показателях теста и может улучшать или ухудшать качественные показатели хлебобулочных изделий. Именно расшифровка диаграмм (фаринограф Брабендера, альвеограф Шопена и т.д.) дает глубокие ответы на вопросы, связанные с тестоведением, с характеристикой физических свойств теста.

Установлена высокая питательная ценность зерна сортов овса голозерного (цельнозерновая и сеяная мука): содержание белка больше чем в пшеничной муке на 50,3–7,6% и жира практически в 6–5 раз, что говорит о больших возможностях использования данной культуры в хлебопекарной промышленности. Исследования реологических параметров теста показали, что в композиционных смесях тип инградиентов (цельнозерновая мука, сеяная мука) и доля продуктов переработки овса голозерного (10, 20, 30%) влияют различно на физические свойства теста: по отношению к пшеничной муке высшего сорта увеличивается в смесях разжижение теста на 40–140 е.ф., сопротивляемость (стойкость) теста падает на 2,5–6,0 мин. и уменьшается валориметрическая оценка на 10–36 е.вал. При добавлении в смеси сеяной овсяной муки по сравнению с цельнозерновой физические свойства теста характеризуются лучшими показателями, однако внесение цельносмолотой овсяной муки в смеси сохраняет всю пользу овсяного зерна. Между сортами овса голозерного Багет и Бекас существенных различий по влиянию на реологические параметры теста не выявлено. При использовании в смесях овсяной муки отмечена тенденция к ухудшению физических свойств теста, различия достоверны по показателям сопротивляемости теста (стойкости) и валориметрической оценке.

Ключевые слова: голозерный овес, белок, жир, крахмал, мука цельнозерновая и сеяная, фаринограф Брабендера, реологические показатели теста.

Для цитирования: Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Анисимкина Н.В. Результаты изучения биохимических свойств зерна овса голозерного и физических свойств теста смесей с пшеничной мукой // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 61–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-61-65.



THE STUDY RESULTS OF BIOCHEMICAL PROPERTIES OF NAKED OATS AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE DOUGH MIXTURES WITH WHEAT FLOUR

E.N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0003-1090-4399; **S.N. Shevchenko**, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, head of the SamRC RAS, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864; **N.V. Anisimkina**, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0001-5129-7797 Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS, 446254, Samara region, v.of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

Adding oat products to composite mixtures during baking increases the biological value of a new product. The purpose of the current study was to assess the biochemical properties of grain of the naked oat varieties 'Baget' and 'Bekas', to establish the rheological parameters of dough mixtures obtained by mixing white oat flour and whole grain flour with high-quality wheat flour according to the farinographic analysis. The introduction of oat products into the mixture affects the structural and mechanical indicators of the dough and can improve or worsen the quality indicators of bakery products. It is the decoding of the diagrams (Brabender farinograph, Chopin alveograph, etc.) that satisfy the questions related to the study of dough, with the characteristics of the physical properties of dough. There has been established a high nutritional grain value of the naked oat varieties (whole grain and white flour), when the protein percentage was on 5.3–7.6% more than in wheat flour and oil content was almost 6–5 times higher, which indicated great opportunities for using this grain crop in bakery. The study of the rheological parameters of dough showed that

in composite mixtures the type of ingredients (whole grain flour, white flour) and the proportion of naked oats products (10, 20, 30%) differently affect the physical properties of dough, i.e. in relation to premium wheat flour, dilution of dough increases on 40–140 u.f., resistance of dough to extension (stability) reduces on 2.5–6.0 min and valorigraphic number reduces on 10–36 u.v. When mixing with white oat flour compared to whole grain, the physical properties of the dough are characterized by the best indicators, however, the introduction of whole-ground oat flour in the mixture retains all the benefits of oat grain. There were no significant differences between the naked oat varieties 'Baget' and 'Bekas' in the effect on the rheological parameters of the dough. When using oat flour in mixtures, there was identified a tendency to deterioration of the physical properties of dough, the differences were significant in terms of the resistance of dough to extension (stability) and valorigraphic number.

Keywords: naked oats, protein, oil, starch, whole grain flour, white flour, Brabender farinograph, rheological parameters of dough.

Введение. В современном мире биобезопасность и питательные качества потребляемых продуктов имеют первостепенное значение. Здоровое питание подразумевает введение в ежедневный рацион нужной и необходимой пищи, содержащей важнейшие вещества: белки, клетчатку, витамины, минералы, незаменимые аминокислоты. Мучные изделия с добавлением продуктов переработки из овса (цельнозерновая и сеяная мука, крупа, толокно, хлопья, отруби) являются частью лечебного и диетического питания, так как белки овса более сбалансированы и по составу, и по соотношению аминокислот, легче усваиваются в процессе питания и нормализуют работу всего организма человека (Лоскутов и Полонский, 2017; Полонский и др., 2019). Во многих странах приняты и работают Национальные проекты по производству и переработке овса (Китай, Канада, Финляндия, Германия и т.д.) поддерживаемые государством, доказавшие полученными результатами значимость и необходимость данных программ (увеличение продолжительности жизни, сохранение полноценного здоровья, борьба с хроническим заболеванием – целиакией).

В хлебопечении добавление в композиционные смеси любых овсяных ингредиентов повышает биологическую ценность нового продукта, не только за счет увеличения общего содержания аминокислот, но и их сбалансированного состава, которым обеспечивает белок овса (Плеханов, 2014; Manzali et al., 2017; Шаболкина и др., 2020). Белок голозерного овса по сравнению с пленчатыми формами характеризуется более высоким содержанием на 1,5–3,8% в зерне, полноценным набором аминокислот и соотношением жирных кислот (Баталова и др., 2016; Козлова и Акимова, 2009), что делает голозерный овес необходимой частью здорового питания. Так же положительной стороной, которая играет большую роль при изготовлении хлебобулочных изделий, данной культуры является технологичность голозерного овса, процесс переработки которого осуществляется с меньшими энергетическими и материальными затратами.

В работах по качественному улучшению продуктов питания, содержащих различные овсяные ингредиенты, уделяется большое внимание не только соотношению компонентов в смесях, но и процессу тестоведения, который зависит от поведения теста в момент образования и от реологических свойств теста при определенной механической нагрузке,

которые определяются специальными приборами (фаринограф Брабендера, альвеограф Шопена и т.д.). Внесение в смеси любых овсяных продуктов ведет к увеличению количества необходимой для замеса воды (водопоглотительная способность муки), что отражается на структурно-механических показателях теста и может улучшать или ухудшать качество новых изделий. Именно расшифровка диаграмм дает глубокие ответы на вопросы, связанные с тестоведением, с характеристикой физических свойств теста.

Цель исследований – оценить биохимические свойства зерна овса голозерного и установить реологические показатели теста смесей, полученных при смешивании овсяной сеяной и цельнозерновой муки с высококачественной пшеничной мукой, по результатам фаринографического анализа.

Материалы и методы исследований. В исследованиях, проведенных в 2018–2020 годах на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучали два сорта овса голозерного Багет и Бекас. Цельнозерновую муку получали, размалывая зерно на мельнице Mill-3100, сеяную – на мельнице Квадрумат-Юниор с выходом 65%. В пшеничной муке высшего сорта (в/с) и овсяной цельнозерновой и сеяной определяли азот белковый по ГОСТ 10846-91, зольность – по ГОСТ 51411-99, жир – по ГОСТ 29033-91, крахмал – по ГОСТ 10845-98. Физические и реологические показатели теста определяли на фаринографе Брабендера по ГОСТ Р 51404-99 (NCO 5530-1-97). Композиционные с пшеничной мукой в/с готовили по массе (90:10, 80:20, 70:30) с различными ингредиентами (овсяная мука цельнозерновая и сеяная). Статистическая обработка полученных данных проведена по Б.А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. За годы исследований на качество зерна сортов голозерного овса Багет и Бекас значительное влияние оказали климатические условия зоны выращивания. В 2018 году недостаточное количество влаги в вегетационный период, жаркая погода и суховеи (3 дня) в июне, в 2019 и 2020 годах неустойчивый температурный режим (с колебаниями температур в начале вегетации ниже среднемноголетних значений до 8 °С до атмосферной засухи в июне и 37,7 °С в июле: все эти погодные факторы отразились негативно на урожайности голозерного овса, но значительно повлияли на накопление белка до 19,5–19,9% в зерне и в муке сеяной – до 13,9–14,1%.

1. Химический состав муки сортов голозерного овса, цельнозерновой и сеяной (2018–2020 гг.)

1. Chemical composition of naked oat flour (whole grain flour, white flour), 2018–2020

Сорт	Белок,%	Зольность,%	Жир,%	Крахмал,%				
Цельнозерновая мука								
Багет	19,9	2,6	6,0	55,7				
Бекас	19,5	2,2	6,9	54,3				
Сеяная мука								
Багет	14,1	0,7	4,7	70,6				
Бекас	13,9	0,6	5,8	70,1				
Пшеничная мука								
Мука, в/с	13,1	0,5	1,0	76,0				
HCP ₀₅	1,653	0,497	0,686	3,00				

Крахмал – усваиваемый «энергетический» углевод, в годы исследований практически не изменялся под влиянием условий произрастания, характеризовался стабильностью. По его содержанию выделился сорт Багет: в зерне – 55,7%, в муке 70,6%. Определение амилолитической активности зерна голозерного овса («число падения» в зерне – 288 с и в муке – 325 с) показало отсутствие активного фермента, что позволяет, учитывая этот фактор и высокое содержание данного углевода, считать перспективным сырьем в хлебопекарной промышленности продукты переработки овса голозерного.

Высокое содержание жира в зерне и в муке обеспечивает голозерному овсу нишу в перерабатывающих отраслях как энергетически ценной культуре. За годы исследований сорт Багет показал по жиру более низкие значения (в зерне на 13,1%, в муке на 19,0%), чем сорт Бекас и данный фактор возможно повлиял на показатели хлебопекарной выпечки данного сорта (более высокий объем хлеба до 780 см³ и лучшая хлебопекарная оценка до 4,5 баллов), так как жиры «тяжелят» тесто и замедляют процесс газообразования.

Мука как один из продуктов размола зерна различных культур не требует больших материальных затрат на свое производство в отличие от крупы, хлопьев и поэтому используется широко в различных отраслях. Пшеничная мука высшего сорта в опытах характеризо-

валась меньшим количеством белка (13,1%) и жира (1,0%) по отношению к овсяной муке, но более высоким содержанием крахмала (76,0%). Показатель зольности сеяной муки исследуемых культур, отвечающий за сортность, за 2018–2020 годы имел близкие значения (0,5–0,7%), но в пшеничной муке был немного меньше.

Проведенные исследования показали высокую питательную ценность овса голозерного (цельнозерновая и сеяная мука): содержание белка больше чем в пшеничной муке на 50,3–7,6% и жира практически в 6–5 раз, что говорит о больших возможностях использования данной культуры в хлебопекарной промышленности. Процесс хлебопечения зависит от тестоведения, а тестоведение – в свою очередь, от физических, реологических, структурно-механических параметров теста, которые определяются специальными приборами.

Экспериментально установлено, что в композиционных смесях тип ингредиентов (цельнозерновая мука, сеяная мука) и доля продуктов переработки овса голозерного (10, 20, 30%) влияют различно на физические свойства теста: по отношению к пшеничной муке высшего сорта увеличивается в смесях разжижение теста на 40–140 е.ф., сопротивляемость (стойкость) теста падает на 2,5–6,0 мин. и уменьшается валориметрическая оценка на 10–36 е.вал. (табл. 2).

2. Физические показатели теста смесей муки пшеничной (в/с) и овсяной (2018–2019 гг.) 2. Physical indicators of dough mixtures of premium wheat flour with oat flour (2018–2019)

		Фаринограф					
Сорт	Вариант	Сопротивляемость	Разжижение	Валориметрическая	Водопоглотительная		
		теста, мин*	теста, е. ф.**	оценка, е. вал.***	способность муки,%		
Пшеничная мука, в/с		9,0	60	76	67,0		
	Цельнозерновая мука						
Багет	90:10	6,5	150	60	68,0		
	80:20	4,0	180	48	70,0		
	70:30	3,0	200	40	72,0		
Бекас	90:10	6,0	140	58	68,0		
	80:20	4,0	170	46	71,0		
	70:30	3,0	200	40	73,0		
HCP ₀₅		1,8	Ff < Ft	8,2	Ff < Ft		
	Сеяная мука						
Багет	90:10	6,5	100	66	67,0		

		Фаринограф			
Сорт	Вариант	Сопротивляемость	Разжижение	Валориметрическая	Водопоглотительная
		теста, мин*	теста, е. ф.**	оценка, е. вал.***	способность муки,%
	80:20	4,5	120	54	67,0
	70:30	4,5	180	48	69,0
Бекас	90:10	7,0	110	69	67,0
	80:20	4,5	130	52	68,0
	70:30	4,0	170	48	70,0
HCP _{0,5}		1,6	Ff < Ft	10,5	Ff < Ft

* – минуты; ** – единицы фаринографа; *** – единицы валориметра.

Ухудшение реологических показателей можно объяснить снижением общего содержания клейковины в композиционных смесях за счет уменьшения доли качественной пшеничной муки. И еще немаловажный фактор – это невозможность клейковинных белков овса проламинов (авенины) и глютелинов даже при их наличии образовывать клейковинный комплекс из-за их особого строения, различающегося по структуре от пшеничных белков и большого количества пентозанов (слизей), которые мешают агрегации белков.

При добавлении в смеси сеяной овсяной муки по сравнению с цельнозерновой физические свойства теста характеризуются лучшими показателями: в варианте 10% – изменяются незначительно, в вариантах 20, 30% валориметрическая оценка снижается на 13–37%, а разжижение повышается на 180%. Внесение в смеси цельнозерновой муки в количестве 10% изменяет поведение теста при механической нагрузке, но не критично, сохраняется эластичность и упругость теста. Дальнейшее увеличение данного ингредиента в смесях ухудшает интенсивно реологические параметры теста (разжижение увеличивается до 230%,), но отмечено (Poutanen, 2009; Чалдаев и Зимичев, 2012), что добавка при выпечке в смеси цельносмолотой овсяной муки повышает пищевую ценность хлебобулочных изделий и сохраняет всю пользу овсяного зерна.

Между сортами овса голозерного Багет и Бекас существенных различий по влиянию на реологические параметры теста не выявлено. При использовании в смесях овсяной муки отмечена тенденция к ухудшению физических свойств теста, различия достоверны по показателям сопротивляемости теста (стойкости) и валориметрической оценке.

Водопоглотительная способность муки – важная характеристика физических свойств теста: крепости и густоты, которая влияет на объем выпеченного продукта. Водопоглощение теста (ВПС,%) увеличивается с внесением

в композиционные смеси овсяной муки, содержащей в большом количестве связывающие воду некрахмальные полисахариды. Цельносмолатая мука, состоящая во многом из плодовых оболочек, хорошо поглощает воду (в варианте 30% ВПС достигает 73,0% против ВПС пшеничной муки в/с 67,0%), что обеспечивает больший припек при выпечке хлеба.

Выводы. Установлена высокая питательная ценность зерна сортов овса голозерного Багет и Бекас (цельнозерновая и сеяная мука): содержание белка больше чем в пшеничной муке на 50,3–7,6% и жира практически в 6–5 раз, что говорит о больших возможностях использования данной культуры в хлебопекарной промышленности.

Процесс хлебопечения зависит от тестоведения, а тестоведение – в свою очередь, от физических, реологических, структурно-механических параметров теста. В композиционных смесях тип ингредиентов (цельнозерновая мука, сеяная мука) и доля продуктов переработки овса голозерного (10, 20, 30%) влияют различно на физические свойства теста: по отношению к пшеничной муке высшего сорта увеличивается в смесях разжижение теста на 40–140 е.ф., сопротивляемость (стойкость) теста падает на 2,5–6,0 мин. и уменьшается валориметрическая оценка на 10–36 е.вал.

При добавлении в смеси сеяной овсяной муки по сравнению с цельнозерновой физические свойства теста характеризуются лучшими показателями, однако внесение цельносмолотой овсяной муки в смеси сохраняет всю пользу овсяного зерна.

Между сортами овса голозерного Багет и Бекас существенных различий по влиянию на реологические параметры теста не выявлено. При использовании в смесях овсяной муки отмечена тенденция к ухудшению физических свойств теста, различия достоверны по показателям сопротивляемости теста (стойкости) и валориметрической оценке.

Библиографические ссылки

- 1. Лоскутов И.Г., Полонский В.И. Селекция на содержание б-глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // Сельско-хозяйственная биология. 2017. Том 52. № 4. С. 646–657.
- 2. Полонский В.И., Сурин Н.А., Герасимов С.А., Липшин А.Г. и др. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(6). С. 683–690.
- 3. Плеханов Л.В. Использование муки из голозерного овса или ячменя в смеси с пшеничной для производства хлеба // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 65–66.

4. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Баталова Г.А., Васин А.В., Анисимкина Н.В., Бишарев А.А. Изучение биологической ценности белка зерна овса голозерного // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2(34). С. 78–33.

5. Баталова Г.А., Шевченко С.Н., Тулякова М.В. и др. Селекция голозерного овса, ценного по

качеству зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 6–9.

- 6. Козлова Г.Я., Акимова О.В. Сравнительная оценка голозерных и пленчатых сортов овса по основным показателям качества зерна // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 5. С. 87–89.
- 7. Чалдаев П.А., Зимичев А.В. Использование овса и продуктов его переработки в хлебопечении // Хлебопечение России. 2012. № 2. С. 22–23.
- 8. Poutanen K. Dietary fibre in a gluten-free diet // edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc. 2009. P. 125–129.
- 9. Manzali R., Antari A., Douaik A., Taghouti M., Benchekroun M., Bouksaim M., Saidi N. Profiling of Nutritional and Health-Related Compounds in Developed Hexaploid Oat Lines Derivative of Interspecific Crosses // International Journal of Celiac Disease. 2017. Vol. 5. № 2. P. 72–76.

References

1. Loskutov I.G., Polonskij V.I. Selekciya na soderzhanie b-glyukanov v zerne ovsa kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya, syr'ya i furazha [Breeding for the content of b-glucans in oat grain as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials and fodder] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2017. Tom 52. № 4. S. 646–657.

2. Polonskij V.Í., Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. i dr. Izuchenie sortov ovsa (*Avena sativa* L.) razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniya po kachestvu zerna i produktivnosti [The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin in terms of grain quality and productivity] //

Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. № 23(6). S. 683–690.

3. Plekhanov L.V. Ispol'zovanie muki iz golozernogo ovsa ili yachmenya v smesi s pshenichnoj dlya proizvodstva hleba [Using flour obtained from naked oats or hull-less barley mixed with wheat for bread production] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 4. S. 65–66.

4. SHabolkina E.N., SHevchenko S.N., Batalova G.A., Vasin A.V., Anisimkina N.V., Bisharev A.A. Izuchenie biologicheskoj cennosti belka zerna ovsa golozernogo [The study of the biological value of

naked oat protein] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. № 2(34). S. 78–33.

- 5. Batalova G.A., SHevchenko S.N., Tulyakova M.V. i dr. Selèkciya golozernogo ovsa, cennogo po kachestvu zerna [Breeding of naked oats with valuable grain quality] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2016. № 5. S. 6–9.
- 6. Kozlova G.YA., Akimova O.V. Sravnitel'naya ocenka golozernyh i plenchatyh sortov ovsa po osnovnym pokazatelyam kachestva zerna [Comparative estimation of naked and hulled oat varieties according to the main indicators of grain quality] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2009. № 5. S. 87–89.

7. CHaldaev P.A., Zimichev A.V. Ispol'zovanie ovsa i produktov ego pererabotki v hlebopechenii [The use of oats and products of its processing in bakery] // Hlebopechenie Rossii. 2012. № 2. S. 22–23.

- 8. Poutanen K. Dietary fibre in a gluten-free diet // edited by E.K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc. 2009. P. 125–129.
- 9. Manzali R., Antari A., Douaik A., Taghouti M., Benchekroun M., Bouksaim M., Saidi N. Profiling of Nutritional and Health-Related Compounds in Developed Hexaploid Oat Lines Derivative of Interspecific Crosses // International Journal of Celiac Disease. 2017. Vol. 5. № 2. R. 72–76.

Поступила: 21.05.21; принята к публикации: 29.06.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шаболкина Е.Н. – концептуализация исследования, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко С.Н. – концептуализация исследования; Анисимкина Н.В. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.