

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕСТА ИЗ ЦЕЛЬНОСМОЛОТОГО БИОАКТИВИРОВАННОГО ЗЕРНА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО В СМЕСИ 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 РАН, директор, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

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

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Для повышения биологической ценности хлебных изделий, потребительских свойств новых продуктов используют технологические добавки, функциональные ингредиенты. К таким относится биоактивированный голозерный овес. Цель работы – оценить физические, реологические, хлебопекарные показатели теста смесей, полученных при смешивании овсяной муки (цельносмолотая из биоактивированного зерна) с высококачественной пшеничной мукой, по результатам фаринографического и хлебопекарного анализов. Установлено, что поведение теста зависит от типа ингредиентов (цельносмолотое зерно до и после биоактивации) и доли продуктов переработки овса (10, 20 %) в смесях: уменьшаются по отношению к пшеничной муке стойкость теста – на 3,0–7,0 мин, валориметрическая оценка – на 19–40 е. вал. и существенно растет разжижение теста. Реологические параметры теста (кроме разжижения) при использовании в смесях биоактивированного зерна незначительно ухудшаются по сравнению с небиоактивированным зерном: стойкость и валориметрическая оценка уменьшаются соответственно на 0,5–1,0 мин и на 1–7 е. вал. Данные процессы можно объяснить очень высокой амилолитической активностью зерна после прорастания. В ходе испытаний установлено преимущество по общей хлебопекарной оценке в вариантах с использованием биоактивированного зерна овса, несмотря на то, что фаринограф фиксировал небольшое ухудшение физических параметров теста. Повышение объема хлеба (625 см³) и улучшение хлебопекарного качества (4,4 балла) в данном случае объясняются эффектом компенсационной способности смесительной силы пшеницы. Сорта голозерного овса Багет и Бекас по сравнению с пленчатым сортом Конкур в композиционных смесях показывают лучшие значения, характеризующие физические свойства теста и хлебопекарное качество: преимущество по стойкости на 1,0–3,0 мин, разжижению – на 10–40 е. ф. и валориметрической оценке – на 4–17 е. вал., максимальный объем хлеба – 625 см³, хлебопекарная оценка – 4,4; после биоактивации зерна овса эта тенденция сохраняется.

Ключевые слова: голозерный овес, процесс прорастания, пшенично-овсяные смеси, фаринограф Бранднера, хлебопекарная выпечка.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Результаты исследований реологических и хлебопекарных показателей теста из цельносмолотого биоактивированного зерна овса голозерного в смеси с пшеничной мукой // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 28–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-28-33.



STUDY RESULTS OF RHEOLOGICAL AND BAKING PARAMETERS OF DOUGH FROM WHOLEMEAL BIOACTIVATED GRAIN OF HULLESS OATS MIXED 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

In order to improve the biological value of bakery products and consumer properties of new products, there are used the technological additives and functional ingredients, which include bioactivated hulless oats. The purpose of the current work was to estimate the physical, rheological, baking parameters of the dough mixtures obtained by mixing oat flour (wholemeal flour from bioactivated grain) with high-quality premium wheat flour according to the farinographic results and baking analysis. There has been experimentally established that the indicators characterizing the behavior of the dough varied depending on the type of ingredients (wholemeal grain before and after bioactivation) and the proportion of oat processing products (10, 20 %) in the composite mixtures. Dough resistance has decreased on 3.0–7.0 min to wheat flour, valorigraphic estimation at 19–40 u.v. and dough dilution increases significantly

on 60–160 u.f. The physical properties of the dough when used in mixtures of bioactivated grains slightly have deteriorated compared to non-bioactivated grains: dough resistance and valorigraphic estimation reduced on 0.5–1.0 min and 1–7 u.v., respectively, except for the dough dilution, which improved on 22.0–29.0 %. These processes can be explained by the very high amylolytic activity of the grain after germination. During the trials, there was found an advantage in the general baking assessment in the options using bioactivated oat grain, even though the farinograph recorded a slight deterioration in the physical parameters of the dough. Volume yield was 425–625 cm³ (420–563 cm³ with non-bioactivated grain) and a baking assessment of 2.6–4.4 points versus 2.7–4.3 points. Volume yield increase and baking quality improvement in this case can be explained by the effect of the compensation ability of the mixing strength of wheat. The studied hullless oat varieties 'Baget' and 'Bekas' in comparison with the chaffy variety 'Konkur' in mixtures have shown the best values characterizing the physical properties of the dough and baking quality. They possess better advantage in dough resistance on 1.0–3.0 min., dough dilution on 10–40 u.f. and valorigraphic estimation on 4–17 u.v. They produced 625 cm³ of maximum volume yield, their baking assessment was 4.4 and the tendency remains the same after bioactivation of oat grain.

Keywords: hullless oats, germination process, wheat-oat mixtures, Brabender farinograph, bakery products.

Введение. Бурное развитие научно-технического прогресса, вызывающего техногенные и природные катастрофы, ведет к ухудшению экологии на планете и здоровья населения. Оптимизация питания является основой здорового образа жизни и необходимым условием для полноценной и плодотворной деятельности человека. В настоящее время увеличивается спрос на продукты, содержащие полезные ингредиенты с оздоравливающим и общеукрепляющим эффектом, – функциональные, к таким относится овес. Крупнейшими производителями и потребителями овса являются Россия, страны Евросоюза, Китай, Канада, США, где на государственном уровне поддерживаются программы по возделыванию и переработке овса, доказавшие результатами биологическую, пищевую ценность и крупяные достоинства культуры.

Данный злак благодаря своим лечебным и диетическим свойствам обладает огромным потенциалом: полноценный набор аминокислот, содержание в зерне овса пищевых волокон (β-глюкан-растворимая клетчатка), витаминов, антиоксидантов, минеральных веществ (Полонский и др., 2020; Полонский и др., 2019). Употребление продуктов переработки овса, а также изделий с долей овсяных ингредиентов нормализует уровень сахара в крови, холестерина, работу желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой системы человека (Лоскутов и Полонский, 2017; Stewart and McDougall, 2014). Перед современной пищевой индустрией стоит задача расширить производство продуктов нового поколения (хлебобулочные изделия, мюсли, йогурты, каши, макароны, десерты) с заданными функциональными свойствами.

Стремление человечества к здоровому образу жизни делает овес неотъемлемой частью повседневного питания – особенно голозерные сорта с ценным по качеству зерном. Содержание белка у них превосходит белковость пленчатых сортов на 4,0–4,8 %, аминокислотный состав близкий к физиологической норме (эталон по данным ФАО/ВОЗ), благоприятный липидный жирно-кислотный состав зерна (Баталова и др., 2016; Баталова и др., 2018).

Товаропроизводители, представители перерабатывающих отраслей проявляют заинтересованность к овсу голозерному не только из-за качества зерна, но и экономически

более выгодного технологического процесса обработки, что делает продукты переработки из овса перспективным сырьем в хлебопекарной промышленности. Цельносмолотое зерно – один из самых простых продуктов и в производстве, и в использовании, и поэтому в хлебопечении получил широкое применение. Отмечено, что в овсяной муке отсутствуют белки, формирующие клейковинный каркас, и поэтому при проведении хлебопекарной выпечки добавлять к пшеничной муке необходимо не более 50 % овсяной (Чалдаев и Зимичев, 2012; Шаболкина и др., 2019). При использовании в смесях цельносмолотого зерна овса (51,0 %) количество растворимой клетчатки (β-глюкана) составляет 1,3 г в 100 г хлеба, а добавление лишь 11,0 % значительно увеличивает в готовых изделиях содержание железа, марганца, селена, биологически активных соединений (Flander, 2007).

Качество хлебобулочных изделий, содержащих овсяные ингредиенты, зависит и от типа компонентов, и от их соотношения в смесях, и от рецептуры выпечки, и, конечно, от способа и процесса тестоведения, на который влияют реологические показатели теста. Специальные приборы регистрируют поведение теста (образование, устойчивость, разжижение) при механической нагрузке в виде диаграмм, и их расшифровка дает возможность корректировать процесс тестоведения, что очень актуально и важно в хлебопечении.

Для повышения биологической ценности хлебных изделий, потребительских свойств новых продуктов используют технологические добавки, функциональные ингредиенты; к таким относится биоактивированный голозерный овес. Данная культура перспективна для биоактивации, в процессе которой происходит обогащение зерна ценными аминокислотами, фитогормонами, витаминами, полисахаридами (Бутенко и Лигай, 2013). Исследования, связанные с изучением влияния пророщенного зерна овса голозерного, из которого производят муку, на поведение и физические свойства теста при выпечке, на хлебопекарную оценку изучены недостаточно и в настоящее время актуальны, так как овес является неотъемлемой составляющей здорового питания.

Цель исследований – оценить физические, реологические, хлебопекарные показатели теста смесей, полученных при смешивании овся-

ной муки (цельносмолотая из биоактивированного зерна) с высококачественной пшеничной мукой, по результатам фаринографического и хлебопекарного анализов.

Материалы и методы исследований.

Исследовательская работа проводилась в течение 2019–2021 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучались сорта: пленчатый овес Конкур и голозерный овес Багет и Бекас. Размол зерна до и после биоактивации проводили на мельнице Mill-3100. При проращивании (биоактивации) зерна овса использовали разработки ученых Самарского ГАУ по данному направлению (Дулов и Дулова, 2019). Зерно (фракции 1,8×20; 2,5×20), очищенное предварительно от сорной и зерновой примеси, прогретое при температуре 45 °С в шкафу течение 30 мин, промывали в воде 5–7 раз. Затем его замочили в воде на 6 ч при температуре 22±0,5 °С. Проращивание (биоактивацию) овса проводили при температуре 22±0,5 °С в течение 30 ч в климатической камере до появления ростков размером 1,0–1,5 мм у не менее 80 % зерен, влажность зерна поддерживали в пределах 40–42 %. После биоактивации сушили зерно исследуемых сортов овса при температуре 45 °С до влажности 12,0 %.

Композиционные смеси с пшеничной мукой в/с «Макфа» готовили по массе при различном соотношении ингредиентов (90 : 10, 80 : 20). Физические и реологические свойства теста смесей до и после биоактивации зерна овса определяли в соответствии с ГОСТ Р 51404-99 (ИСО 5530-1-97) на фаринографе Брабендера. Лабораторные выпечки хлеба

были выполнены по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур безопасным способом с интенсивным замесом теста с улучшителями: аскорбиновой кислотой и броматом калия. Эффективность смешивания цельносмолотого зерна овса с пшеничной мукой в/с оценивали по результатам хлебопекарного анализа по пятибалльной шкале. Статистическая обработка полученных данных проведена по Б. А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. Процесс тестоведения, занимающий одно из центральных мест при проведении хлебопекарной выпечки, зависит от реологических показателей теста. Физические свойства, поведение теста (образование, устойчивость, разжижение) при механической нагрузке регистрируют в виде диаграмм специальные приборы (фаринограф Брабендера), и их расшифровка дает возможность корректировать методику тестоведения. Использование продуктов переработки овса (цельносмолотое зерно) в композиционных смесях с пшеничной мукой в/с влияет на структурно-механические свойства теста, улучшая или ухудшая некоторые из них.

Экспериментально установлено, что показатели, характеризующие поведение теста, изменяются от типа ингредиентов (цельносмолотое зерно до и после биоактивации) и доли продуктов переработки овса (10, 20 %) в композиционных смесях: уменьшается по отношению к пшеничной муке стойкость теста на 3,0–7,0 мин, валориметрическая оценка – на 19–40 е. вал. и существенно растет разжижение теста – на 60–160 е. ф. (табл. 1).

Таблица 1. Оценка физических свойств теста смесей цельносмолотого зерна овса с пшеничной мукой в/с до и после биоактивации (2019–2021 гг.)
Table 1. Estimation of the physical properties of the dough from wholemeal oat flour mixed with premium wheat flour before and after bioactivation (2019–2021)

Сорт	Вариант	Фаринограф			
		Стойкость теста, мин	Разжижение теста, е. ф.	Валориметрическая оценка, е.вал.	Водопоглощительная способность муки, %
Пшеничная мука, в/с		10,0	60	78	70,0
Цельносмолотое зерно					
Конкур	90 : 10	4,0	160	47	68,0
	80 : 20	3,5	180	43	71,0
	70 : 30	3,0	180	40	71,0
Багет	90 : 10	6,0	130	59	68,0
	80 : 20	4,5	170	52	70,0
	70 : 30	4,0	180	44	71,5
Бекас	90 : 10	7,0	120	64	68,0
	80 : 20	5,5	160	55	71,0
	70 : 30	4,5	180	47	72,5
НСР _{0,05}		0,9	24,0	6,0	1,1
Биоактивированное цельносмолотое зерно					
Конкур	90 : 10	4,5	200	50	67,5
	80 : 20	3,5	210	46	70,5
	70 : 30	3,5	220	39	70,5
Багет	90 : 10	5,5	200	55	69,0
	80 : 20	4,5	220	45	69,0
	70 : 30	3,5	220	38	69,0
Бекас	90 : 10	6,5	190	58	68,0
	80 : 20	4,5	210	49	70,0
	70 : 30	4,0	220	42	70,0
НСР _{0,05}		0,7	9,0	2,0	Ff < Ft

Ухудшение показателей физических свойств теста объясняется: уменьшением доли пшеничной муки в/с в композиционных смесях и соответственно снижением содержания клейковины, а также невозможностью овсяных белков (авенины и глютелины) образовывать клейковинное соединение из-за препятствующих агрегации водорастворимых пентозанов.

Результаты исследований показывают, что варианты с 10 % цельносмолотого зерна овса до и после биоактивации характеризуются лучшими фаринографическими значениями, сохраняется упругость и пластичность теста. Дальнейшее увеличение массы овса в смесях ведет к ухудшению данных параметров (разжижение теста увеличивается в 3,0–3,6 раза). Физические свойства теста при использовании в смесях биоактивированного зерна незначительно ухудшаются по сравнению с небиоактивированным зерном: стойкость и валориметрическая оценка уменьшаются соответственно на 0,5–1,0 мин и на 1–7 е. вал., кроме разжижения теста, которое увеличивается на 22,0–29,0 %. Данные процессы можно объяснить очень высокой амилолитической активностью зерна после прорастания: максимальная вязкость на амилографе Брабендера у испытуемых сортов овса составила 60–110 а. а., число падения 65–76 с. Реологические показатели ухудшаются не так сильно, возможно, за счет большого количества размолотых ростков (1,0–1,5 мм), сдерживающих ухудшение вязко-упругих свойства теста.

Изучаемые сорта голозерного овса Багет и Бекас по сравнению с пленчатым сортом Конкур в смесях показывают лучшие значения, характеризующие физические свойства теста: преимущество по стойкости на 1,0–3,0 мин, разжижению – на 10–40 е. ф. и валориметрической оценке на 4–17 е. вал., после биоактивации зерна овса эта тенденция сохраняется.

Существенных различий между сортами овса голозерного по влиянию на показатели, определяемые на фаринографе Брабендера в смесях, не выявлено, в вариантах с цельносмолотой овсяной мукой до и после активации происходит ухудшение реологических свойств теста относительно пшеничной муки, различия достоверны практически по всем параметрам.

При проведении фаринографического анализа и лабораторной выпечки хлеба важным показателем, который характеризует крепость и густоту теста и от которого зависит объемный выход выпеченного изделия, является водопоглотительная способность муки (ВПС, %). Внесение в композиционные смеси цельносмолотой муки овса до биоактивации в количестве 20, 30 %, содержащей большое количество плодовых оболочек, увеличивает водопоглощение относительно ВПС пшеничной муки на 1,0–3,0 %. В вариантах с биоактивированным зерном овса (20, 30 %), когда мука в смесях обладала высокой амилолитической активностью и вследствие этого высоким разжижением, способность муки поглощать воду была на уровне стандарта (пшеничная мука, в/с).

Эффективность использования в хлебопечении цельносмолотой муки биоактивированного зерна пленчатого и голозерного овса оценивали после проведения лабораторных выпечек хлеба из смесей с пшеничной мукой высшего сорта при разном соотношении компонентов (90 : 10, 80 : 20). Цельносмолотая мука овса, состоящая из отрубистых частиц, в композиционных смесях является причиной уменьшения объема выпеченного хлеба (снижается газодерживающая способность теста) и изменения органолептических показателей, а именно цвета мякиша, так как появляются сероватые вкрапления. В вариантах 90 : 20 с цельносмолотой мукой до и после активации объем хлеба упал по сравнению с вариантом 90 : 10 на 70–105 см³ и соответственно на 125–150 см³, хлебопекарная оценка ухудшилась на 0,5–0,6 и соответственно на 0,2–1,7 балла. Увеличение доли биоактивированного зерна в композиционных смесях ведет к снижению данных показателей.

При проведении лабораторной выпечки установлено, что варианты с добавлением биоактивированного зерна овса характеризуются более высокой хлебопекарной оценкой, несмотря на то, что фаринограф фиксировал небольшое ухудшение физических параметров теста: объем хлеба 425–625 см³ (420–563 см³ с небиоактивированным зерном) и хлебопекарная оценка 4,4 балла против 4,3 балла (табл. 2).

Таблица 2. Хлебопекарная оценка смесей цельносмолотого зерна овса с пшеничной мукой в/с до и после биоактивации (2019–2021 гг.)
Table 2. Bakery estimation of wholemeal oat flour mixed with premium wheat flour before and after bioactivation (2019–2021)

Хлебопекарная оценка	Пшеничная мука	Цельнозерновая мука голозерного овса, %			
		до биоактивации		после биоактивации	
		10	20	10	20
Сорт Конкур					
Объем хлеба, см³/100 г муки НСР _{0,05} = 85,7	935	490	420	550	425
Общая хлебопек. оценка, балл НСР _{0,05} = 0,33	4,7	4,3	2,7	4,3	2,6
Сорт Багет					
Объем хлеба, см³/100 г муки НСР _{0,05} = 80,3	935	560	455	605	450
Общая хлебопек. оценка, балл НСР _{0,05} = 0,44	4,7	4,4	3,8	4,4	4,2
Сорт Бекас					
Объем хлеба, см³/100 г муки НСР _{0,05} = 78,0	935	563	468	625	475
Общая хлебопек. оценка, балл НСР _{0,05} = 0,43	4,7	4,3	3,8	4,4	3,6

Не всегда общая хлебопекарная оценка подтверждается реологическими показателями теста, полученными с помощью специальных приборов, не во всех случаях прослеживается четкая зависимость между полученными параметрами.

Повышение объема хлеба, улучшение хлебопекарного качества в данном случае объясняется эффектом компенсационной способности смесительной силы пшеницы. При добавлении к пшеничной муке высшего сорта (с хорошей газодерживающей способностью и сильной клейковиной) цельносмолотой муки зерна овса после биоактивации, обладающей после прорастания, как уже было отмечено, высокой амилолитической активностью (более слабая мука), прослеживается эффект улучшения, то есть качество хлеба зависит от качества смешиваемых компонентов.

В ходе испытаний установлено, что в вариантах 90 : 20 и 90 : 10 с биоактивированным зерном объем хлеба у сорта Конкур увеличился на 5–60 см³, у сорта Багет – на 5–45 см³, у сорта Бекас – на 7–62 см³, хлебопекарная оценка улучшилась на 0,1–0,4 балла по сравнению с зерном до биоактивации. Голозерные сорта овса Багет и Бекас характеризовались лучшим хлебопекарным качеством до и после биоактивации (максимальный объем хлеба 625 см³, хлебопекарная оценка 4,4) по сравнению с пленчатым сортом Конкур (550 см³, хлебопекарная оценка 4,3). Результаты пробной лабораторной выпечки позволяют провести хлебопекарную оценку пшенично-овсяного хлеба и увидеть положительный эффект от использования биоактивированного зерна овса – более объемный хлеб с золотистой корочкой, со светлым быстро восстанавливающимся мякишем, приятным ароматом и вкусом. В вариантах с долей

овса в смесях 20 % у мякиша появляется легкий сероватый оттенок.

Выводы. Экспериментально установлено, что в композиционных смесях на реологические свойства и поведение теста влияют доля (10,20 %) и тип ингредиентов (цельносмолотое зерно до и после биоактивации): по отношению к пшеничной муке уменьшается стойкость теста на 3,0–7,0 мин, валориметрическая оценка – на 19–40 е. вал. и увеличивается разжижение теста.

Физические свойства теста при использовании в смесях биоактивированного зерна незначительно ухудшаются по сравнению с небиоактивированным зерном: стойкость и валориметрическая оценка уменьшаются, кроме разжижения теста, которое увеличивается на 22,0–29,0 %. Данные процессы можно объяснить очень высокой амилолитической активностью зерна после прорастания.

В ходе испытаний установлено преимущество по объему хлеба (625 см³) и общей хлебопекарной оценки (4,4 балла) в вариантах с использованием биоактивированного зерна овса, несмотря на то, что фаринограф фиксировал небольшое ухудшение физических параметров теста. Повышение объема хлеба, улучшение хлебопекарного качества в данном случае объясняется эффектом компенсационной способности смесительной силы пшеницы.

В композиционных смесях сорта голозерного овса Багет и Бекас показывают лучшие значения, характеризующие физические свойства теста (по стойкости на 1,0–3,0 мин, разжижению на 10–40 е. ф. и валориметрической оценке – на 4–17 е. вал.) и хлебопекарное качество (максимальный объем хлеба 625 см³, хлебопекарная оценка 4,4) по сравнению с пленчатым сортом Конкур; после биоактивации зерна овса эта тенденция сохраняется.

Библиографические ссылки

1. Баталова Г. А., Красильников В. Н., Попов В. С., Сергеева С. С. Жирно-кислотный состав голозерного овса отечественной селекции // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 4. С. 13–15. DOI: 10.31857/S250026270000549-8.
2. Баталова Г. А., Шевченко С. Н., Тулякова М. В., Русакова И. И., Железникова В. А., Лисцин Е. М. Селекция голозерного овса, ценного по качеству зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 6–9.
3. Бутенко Л. И., Лигай Л. В. Исследование химического состава проросших семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 1128–1133.
4. Лоскутов И. Г., Полонский В. И. Селекция на содержание β-глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 4. С. 646–657.
5. Полонский В. И., Лоскутов И. Г., Сумина А. В. Оценка генотипов овса на содержание β-глюканов в зерне на основании его физических характеристик // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 42–52.
6. Полонский В. И., Суринов Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. 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. DOI: 10.18699/VJ19.541.
7. Чалдаев П. А., Зимичев А. В. Использование овса и продуктов его переработки в хлебопечении // Хлебопечение России. 2012. № 2. С. 22–23.
8. Шаболкина Е. Н., Анисимкина Н. В., Шевченко С. Н., Баталова Г. А., Бишарев А. А. Использование зерна овса голозерного в хлебопечении // Достижения науки и техники. 2019. № 11(33). С. 74–77. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11116.
9. Flander L. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality // LWT. 2007. N 5. Vol. 40. P. 860–870. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.05.004.

10. Stewart D., McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // *British Journal of Nutrition*. 2014. 112. P. 50–57. DOI: 10.1017/S0007114514002736.

References

1. Batalova G. A., Krasil'nikov V. N., Popov V. S., Sergeeva S. S. Zhirno-kislotnyi sostav golozernogo ovsa otechestvennoi selektsii [Oil-acid composition of hulles oats of domestic breeding] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2018. № 4. S. 13–15. DOI: 10.31857/S250026270000549-8.
2. Batalova G. A., Shevchenko S. N., Tulyakova M. V., Rusakova I. I., Zheleznikova V. A., Lisitsin E. M. Seleksiya golozernogo ovsa, tsennogo po kachestvu zerna [Breeding of hulles oats, valuable in grain quality] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2016. № 5. S. 6–9.
3. Butenko L. I., Ligai L. V. Issledovanie khimicheskogo sostava prorosshikh semyan grechikhi, ovsa, yachmenya i pshenitsy [The study of the chemical composition of germinated buckwheat, oats, barley and wheat seeds] // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. № 4. S. 1128–1133.
4. Loskutov I. G., Polonskii V. I. Seleksiya na sodержanie β -glyukanov v zerne ovsa kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya, syr'ya i furazha [Breeding for the content of β -glucan? in oat kernels as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials, and fodder] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2017. T. 52, № 4. S. 646–657.
5. Polonskii V. I., Loskutov I. G., Sumina A. V. Otsenka genotipov ovsa na sodержanie β -glyukanov v zerne na osnovanii ego fizicheskikh kharakteristik [Estimation of oat genotypes for the content of β -glucans in grain based on its physical characteristics] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2020. T. 55, № 1. S. 42–52.
6. Polonskii V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zyute S. Izuchenie sortov ovsa (*Avena sativa* L.) razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniya po kachestvu zerna i produktivnosti [The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of different geographical origin according to grain quality and productivity] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2019. № 23(6). S. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541.
7. Chaldae P. A., Zimichev A. V. Ispol'zovanie ovsa i produktov ego pererabotki v khlebopechenii [The use of oats and products of its processing in bakery] // *Khlebopechenie Rossii*. 2012. № 2. S. 22–23.
8. Shabolkina E. N., Anisimkina N. V., Shevchenko S. N., Batalova G. A., Bisharev A. A. Ispol'zovanie zerna ovsa golozernogo v khlebopechenii [The use of hulles oat grain in bakery] // *Dostizheniya nauki i tekhniki*. 2019. № 11(33). S. 74–77. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11116.
9. Flander L. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality // *LWT*. 2007. N 5. Vol. 40. P. 860–870. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.05.004.
10. Stewart D., McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // *British Journal of Nutrition*. 2014. 112. P. 50–57. DOI: 10.1017/S0007114514002736.

Поступила: 24.05.22; доработана после рецензирования: 30.06.22; принята к публикации: 30.06.22.

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.