

ВЛИЯНИЕ БИОАКТИВАЦИИ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АМИЛОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЗЕРНА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО

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 СамНЦ РАН, samniish@mail.ru, 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

Голозерный овес является перспективной культурой для проращивания (биоактивации), т.е. это и технологическая добавка, и функциональный ингредиент, влияющий на биологическую ценность и потребительские свойства нового продукта. Цель работы – установить биохимический состав зерна овса голозерного после проведения процесса биоактивации и оценить состояние углеводно-амилазного комплекса зерна. Исследования проводили в течение 2018–2021 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучались сорта овса: пленчатый Конкур, голозерные Багет и Бекас. Установлена в многолетних исследованиях высокая питательная ценность сортов овса голозерного Багет и Бекас: содержание белка на 4,5–4,8%, крахмала – на 33,0%, жира – на 27,0–39,0% больше по сравнению с пленчатым сортом Конкур, что говорит о больших перспективах в хлебопечении, возможностях использования данной культуры при производстве крахмала и масла. Отмечено, что в период биоактивации более активное и дружное проклевывание зерна, рост и развитие ростка до 1,5 мм у 80% семян наблюдалось у сортов голозерного овса. Экспериментально установлено, что создаваемые условия при проращивании (вода, тепло, воздух) способствуют снижению в зерне массовой доли белка на 5,4–8,8%, крахмала – на 19,5–22,9%, жиров – на 5,1–7,0% по сравнению с непророщенным зерном. А вследствие более активного прорастания голозерного овса и расход белковых веществ, полисахаридов и жиров в зерне сортов Багет и Бекас проходил более активно на 2,3–3,4%. Оценено состояние углеводно-амилазного комплекса: зерно голозерного овса в отличие от пленчатого характеризуется более низкой амилолитической активностью (вязкость 880–890 е. а. на амилографе Брабендера и «число падения» по Хагбергу–Пертену 348–354 с). Биоактивация зерна сильно повысила амилолитическую активность: максимум вязкости суспензии у сортов Багет и Бекас остановился на планке 105 е. а., число падения – на 75 с. Суммарная ферментативная активность амилаз выросла в абсолютном значении на 13,3–43,4 мг, более сильно увеличилась декстринирующая активность α -амилазы в 2,2–9,8 раза, а осахаривающее действие β -амилазы возросло в 1,7–3,9 раза. Голозерный овес, обладая низкой амилолитической активностью, в процессе биоактивации приобретает большую технологичность и функциональность как ингредиент, влияющий на биологическую ценность нового продукта.

Ключевые слова: голозерный овес, белок, крахмал, сахар, жир, углеводно-амилазный комплекс.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Влияние биоактивации на биохимический состав и амилолитическую активность зерна овса голозерного // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 31–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-31-36.



THE EFFECT OF BIOACTIVATION ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION AND AMYLOLYTIC ACTIVITY OF HULLES OATS

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, samniish@mail.ru, 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

Hulles oats is a promising grain crop for germination (bioactivation), that is, it is both a technological additive and a functional ingredient that influences the biological value and consumer properties of a new product. The purpose of the current work was to identify the biochemical composition of hulles oats after the bioactivation process and to estimate the state of the carbohydrate-amylase complex of grain. The study was carried out at the experimental plots of the Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov during 2018–2021. There were studied such oat varieties as the hulled variety 'Konkur', the hulles varieties 'Baget' and 'Bekas'. In the long-term trials there was established the high nutritional value of the hulles oat varieties 'Baget' and 'Bekas' with on 4.5–4.8% of protein, 33.0% of starch and 27.0–39.0% of oil more than these of the hulled variety 'Konkur', which indicated great prospects in baking, possibilities of using this crop in the production of starch and oil. The period of bioactivation has shown that 80% of hulles variety seeds demonstrated more active and friendly kernel sprouting, growth and development up to 1.5 mm. There has been experimentally established that the conditions created during germination (water, temperature,

air) reduced mass fraction of protein in kernels on 5.4 – 8.8%, starch content in kernels on 19.5–22.9%, oil in kernels on 5.1 – 7.0% compared with non-sprouted oats. Due to more active germination of hulls oats, the consumption of protein, polysaccharides and oil by the kernels of the varieties 'Baget' and 'Bekas' was on 2.3–3.4% more active. There has been estimated the state of carbohydrate-amylase complex. The kernels of hulls oats in contrast to hulled oats were characterized by lower amylolytic activity (880–890 u.a. of viscosity on the Brabender amylograph and 348–354 c of 'falling number' according to Hagberg-Perten). Bioactivation of grain greatly increased the amylolytic activity: the maximum viscosity of the suspension in the varieties Baget and Bekas stopped at the level of 105 AU, the falling number was 75 s. The total enzymatic activity of amylases has increased in absolute terms on 13.3 – 43.4 mg, the dextrinating activity of α -amylase increased in 2.2–9.8 times, and the saccharifying effect of β -amylase increased in 1.7–3.9 times. The hulls oats, having low amylolytic activity, in the process of bioactivation has acquired greater manufacturability and functionality as an ingredient that influences the biological value of a new product.

Keywords: hulls oats, protein, starch, sugar, oil, carbohydrate-amylase complex.

Введение. Здоровый образ жизни, правильное питание – необходимые условия для увеличения продолжительности жизни человека и предотвращения хронических и ранее неизвестных болезней. В данной ситуации следует сосредоточить внимание на профилактике здоровья, а именно профилактике питания, базой для которой являются функциональные продукты. К таким продуктам относится овес, который не только насыщает человеческий организм белками, жирами, углеводами, минерально-витаминным комплексом, но и оздоравливает его, нейтрализуя вредные факторы окружающей среды, а также несбалансированность питания в результате напряженного ритма жизни (Полонский и др., 2019; Лоскутов и Полонский, 2017; Singh et al., 2013).

Овес используют для производства муки, крупы, толокна, хлопьев, солода, а также кормов. В последнее время товаропроизводители проявляют большую заинтересованность ко овсу голозерному. Данный злак уступает по урожайности пленчатым формам овса, но с позиции переработки с учетом материальных и энергетических затрат более технологичен. Голозерные сорта овса по ряду показателей превосходят пленчатый овес: содержание белка и жира в зерне более высокое: на 1,9–3,7 и 1,6–2,0% соответственно, крахмала – на 60,0% и более против 48,0% и более у пленчатого (Баталова и др., 2016; Козлова и Акимова, 2009). Белок голозерных сортов овса по аминокислотному составу сбалансирован и полноценен: представлен в основном глютелинами (47,0–50,4%) в отличие от белка пленчатых сортов, для которого характерны низкомолекулярные фракции (до 40,7%) – альбумины и глобулины (Manzali et al., 2017; Шаболкина и др., 2020). По содержанию жира в зерне (4,0–7,0% и более) голозерный овес завоевал нишу в перерабатывающей промышленности, и овсяное масло отличается высокими пищевыми достоинствами, так как соотношение жирных кислот в зерне оптимально (Красильников и др., 2018).

Повышенный спрос на натуральные продукты, обогащенные различными биологически активными веществами (функциональные продукты питания) – это тренд современной жизни. К одному из способов производства «правильных продуктов» относится проращивание зерна (биоактивация, или проклеивание) – процесс насыщения водой под действием ряда факторов (тепло, воздух), когда происходит ги-

дролиз высокомолекулярных веществ в формы подвижные, доступные для усвоения организмом (Бутенко и Лигай, 2013). Голозерный овес с рядом достоинств по сравнению с другими зерновыми является перспективной культурой для проращивания, ценными аминокислотами, микроэлементами, полисахаридами, т.е. это и технологическая добавка, и функциональный ингредиент, влияющий на биологическую ценность и потребительские свойства нового продукта.

Исследования, связанные с влиянием биоактивации на качество зерна овса голозерного, изучены недостаточно, а так как голозерный овес является необходимым компонентом здорового питания, они очень актуальны.

Цель работы – установить биохимический состав зерна овса голозерного (сорта Багет, Бекас) после проведения процесса биоактивации и оценить состояние углеводно-амилазного комплекса зерна.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в течение 2018–2021 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучались сорта овса: пленчатый Конкур, голозерные Багет и Бекас. Для размола зерна использовали мельницу Mill-3100. В цельносмолотом зерне до и после биоактивации определяли азот белковый по ГОСТ 10846-91, крахмал – по ГОСТ 10845-98, сахар по Бертрану – ГОСТ 26176-2019, жир – по ГОСТ 29033-91. Для оценки углеводно-амилазного комплекса зерна изучали следующие показатели: «число падения» по Хагбергу – Пертену (ГОСТ 30498-97), амилолитическую активность зерна на амилографе Брабендера (ГОСТ ISO 7973-2013), активность α - и β -амилазы – колориметрическим методом по Плешкову, активность амилаз выражали в мг расщепленного крахмала на 1 г зерна за 1 мин. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по Б. А. Доспехову.

Биоактивацию (проращивание) зерна овса осуществляли на основании проведенных исследований и разработок в Самарском ГАУ (Дулов и Дулова, 2019). Предварительно очищенное от сорной и зерновой примеси зерно (фракции 1,8×20; 2,5×20) прогревали 30 мин в шкафу при температуре 45 °С. Затем промывали в воде 5–7 раз, после чего зерно замачивали в течение 6 ч в воде при температуре 22±0,5 °С. Биоактивацию зерна овса голозерного и пленчатого до появления ростков раз-

мером до 1,0–1,5 мм у не менее 80% зерен проводили в климокамере при температуре $22 \pm 0,5$ °C в течение 30 ч (вместе с замачиванием). Влажность зерна при биоактивации поддерживали на уровне 40–42%. Зерно овса после биоактивации сушили в шкафу при температуре 45 °C до влажности 12,0%.

Результаты и их обсуждение. За годы исследований показатели качества зерна исследуемых сортов пленчатого овса Конкур и голозерного Багет и Бекас в условиях зоны Среднего Поволжья зависели от погоды вегетационного периода. В 2018 г. была жаркая погода, су-

хоеи, низкая влагообеспеченность, в 2019 и 2020 гг. – колеблющийся температурный режим от значений ниже среднееголетних на 6–8 °C в начале вегетации до засухи в июне и в июле; низкий гидротермический коэффициент (0,39) за период роста и развития растений в 2021 г., несмотря на то, что в фазу всходы-кущение осадки превышали среднееголетние на 15,0 мм. Данные погодные условия не способствовали формированию высокой урожайности овса, но повлияли на накопление белка в зерне у сорта Конкур до 14,9%, сортов Бекас и Багет – до 19,4–19,7% (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав цельнозерновой муки сортов пленчатого и голозерного овса до и после биоактивации (2018–2021 гг.)
Table 1. Chemical composition of whole grain flour of hulles and hulled oat varieties before and after bioactivation (2018–2021)

Сорт	Белок, %	Крахмал, %	Сахар, %	Жир, %
Цельносмолотое зерно				
Конкур	14,9	36,9	1,4	4,3
Багет	19,7	55,5	1,9	5,9
Бекас	19,4	54,4	1,8	7,0
Биоактивированное цельносмолотое зерно				
Конкур	14,1	29,7	2,3	4,1
Багет	18,4	42,8	3,2	5,6
Бекас	17,7	42,1	2,8	6,6
НСР _{0,05}	0,9	0,8	0,3	0,6

Исследуемые сорта голозерного овса в многолетних исследованиях (2018–2021 гг.) в конкурсном сортоиспытании показывали по содержанию белка значительное преимущество по сравнению с пленчатым сортом Конкур – на 4,5–4,8%.

Содержание в зерне усваиваемых углеводов (крахмал, сахара) более 60,0% – это незаменимый источник энергии. Условия произрастания за годы исследований практически не повлияли на содержание крахмала в зерне исследуемых сортов овса, данный углевод характеризовался стабильностью, и более высокие значения отмечены у сортов голозерного овса Багет и Бекас – 54,4 – 55,5%. Учитывая низкую амилолитическую активность в зерне («число падения» 348–354 с), у овса голозерного большие перспективы в хлебопечении и возможности для использования его в производстве крахмала. Концентрация сахаров варьировала от 1,4 до 1,9% и зависела от сортовых особенностей (наименьшее количество в пленчатом зерне).

В зерне сортов голозерного овса в отличие от пленчатых форм (4,3%) высокое содержание жира – 5,9–7,0% (максимум у сорта Бекас), поэтому данная культура может быть использована при производстве масла. Сорт Багет при проведении лабораторной выпечки хлеба в смеси с пшеничной мукой показал лучший результат по объему хлеба, возможно, из-за более низкого содержания жира в зерне (на 1,1% в абсолютном значении по сравнению с сортом Бекас), так как жирные кислоты тяжелят тесто и замедляют газообразование.

Увеличение питательной ценности продуктов может быть достигнуто добавлением в процессе их производства биоактивированного зерна овса. Процесс биоактивации влияет на биохимический состав зерна: высокомолекулярные соединения гидролизуются на более простые, легкоусваиваемые, доступные для развивающегося ростка. Зерно исследуемых сортов овса (Конкур, Багет, Бекас) при проращивании использовали доброкачественное, и характеризовалось оно по основным семенным показателям (важным также и для качества продовольственного сырья) высокой энергией прорастания – 94% и всхожестью – 96–98%. Биоактивация зерна овса при температуре 22 °C в течение 30 ч с предварительным замачиванием в воде (6 ч) практически не изменила естественный цвет зерна, но повлияла на биохимические показатели.

Экспериментально установлено (табл. 1), что создаваемые условия при проращивании (вода, тепло, воздух) способствуют снижению в зерне массовой доли белка на 5,4–8,8%, крахмала – на 19,5–22,9%, жиров – на 5,1–7,0% по сравнению с непророщенным, но одновременно и синтезу витаминов (в 1,5–2,0 раза и более), увеличению макроэлементов и микроэлементов (Бутенко и Лигай, 2013) в доступной форме. Увеличение сахаров и декстринов на 55,0–68,0% в процессе клейстеризации крахмала, а также легкоусваиваемые питательные вещества, образуемые в результате гидролиза, ведут к дружному проклевыванию зерна, росту и развитию ростка до 1,0–1,5 мм у 80% семян овса. Голозерные сорта овса Багет и Бекас

за период биоактивации прорастали быстрее (до 1,5 мм), чем пленчатый сорт Конкур (до 1,0–1,2 мм), и соответственно расход белковых веществ, полисахаридов и жиров проходил активнее на 2,3–3,4%.

Процесс прорастания активизирует ферменты, увеличивается активность (протеолитическая, амилалитическая, липолиз), ведущая к разложению сложных соединений, улучшая их усвояемость и переваримость. Амилалитические ферменты выполняют важную работу в усвоении питательных веществ,

биоактивация повышает атакуемость крахмальных зерен ферментами с образованием мальтозы и декстринов (Дулов и Дулова, 2019), изменяет показатели углеводно-амилазного комплекса.

Проведенные нами исследования на амилографе Брабендера, определение «числа падения» по Хагбергу – Пертену показали низкую амилалитическую активность у цельносмолотого зерна сортов пленчатого и голозерного овса (табл. 2).

Таблица 2. Амилалитическая активность цельнозерновой муки сортов пленчатого и голозерного овса до и после биоактивации (2019–2021 гг.)
Table 2. Amylolytic activity of whole grain flour of hulles and hulled oat varieties before and after bioactivation (2019–2021)

Сорт	Амилограф			Число падения, с	Активность амилазы, мг		
	Время, мин	Максим. вязкость, е.а.	Температура, °С		α-амилаза	β-амилаза	сумма
Цельносмолотое зерно							
Конкур	32	290	73	128	2,6	14,4	17,0
Багет	28	880	67	348	0,8	14,6	15,4
Бекас	27	890	65,5	354	1,4	13,2	14,6
Биоактивированное цельносмолотое зерно							
Конкур	21	60	56,5	65	5,8	24,5	30,3
Багет	17	100	50,5	74	7,8	50,6	58,4
Бекас	15	110	47,5	76	6,8	51,2	58,0
НСР _{0,05}	3,0	39	5,5	8,5	1,4	10,0	9,1

Максимальная вязкость водно-мучной суспензии и показатель «числа падения» овсяного шрота у сортов Багет и Бекас были очень высокими на уровне 880–890 е.а. и 348–354 с, что свидетельствует о низкой ферментативной активности. У сорта Конкур показатели ферментативной активности были более высокими – соответственно 290 е.а. и 128 с. Клейстеризация крахмала при данных методах исследования проходит при постоянно повышающейся температуре, и значение температуры, при которой достигается высшая точка вязкости, является важным критерием активности амилаз – 65,5–73 °C, что необходимо знать при оценке углеводно-амилазного состояния.

Биоактивация пленчатого и голозерного овса сильно повлияла на амилалитическую активность зерна, которую отслеживали по изменению показателей максимальной вязкости водно-мучной суспензии и числа падения. Максимум вязкости суспензии у сортов Багет и Бекас остановился на планке 105 е.а., число падения – на 75 с (т.е. показатели снизились соответственно на 780 е.а. и 276 с), у сорта Конкур после проращивания ферментативная активность была более высокой (вязкость 60 е.а., число падения 65 с).

Еще более информативным показателем при оценке состояния углеводно-амилазного комплекса является активность α- и β-амилазы. Для активной работы ферментов, как было уже отмечено, необходимы соответствующие условия – вода, тепло, воздух. Проращивание зерна овса при температуре 22 °C в течение 30 ч с предварительным замачиванием в воде

(6 ч) до образования ростков в 1,0–1,5 мм снижает долю крахмала в зерне на 19,5–22,9%. Снижение количества крахмала в период биоактивации в зерне овса происходит при непосредственном участии термостойкой α-амилазы и термолабильной β-амилазы, которые расщепляют крахмал на промежуточные продукты. Активность амилалитических ферментов в зерне сортов овса до процесса проращивания находилась в пределах: α-амилаза – 0,8–2,6 мг и β-амилаза – 13,2–14,6 мг. За период биоактивации зерна суммарная ферментативная активность амилаз выросла в абсолютном значении на 13,3–43,4 мг, более сильно увеличилась декстринирующая активность α-амилазы – в 2,2–9,8 раза, а осахаривающее действие β-амилазы возросло в 1,7–3,9 раза.

В опытах выявлены изменения не только суммы амилаз, но и отдельно ферментов в амилазном комплексе, а также содержание показателей в зависимости от сорта. При изучении активности данных ферментов отмечено, что у сортов голозерного овса по сравнению с пленчатым сортом до проращивания суммарная активность и активность α- и β-амилазы были наименьшими, что соответствует амилографическим данным и «числу падения». После прорастания при определенно созданных нами условиях у сортов Багет и Бекас ферментативная активность возросла в несколько раз больше, чем у сорта Конкур. Можно предположить, что для того, чтобы гидролизовать крахмал, соответствующий таким высоким показателям вязкости (880–890 е.а.) и числу падения 348–354 с, необходимы наибольшая активность

и совместное декстринирующее и осахаривающее действие α - и β -амилазы при разжижении крахмала, которые каждая в отдельности не работают.

Выводы. Установлена в многолетних исследованиях высокая питательная ценность сортов овса голозерного Багет и Бекас: содержание белка на 4,5–4,8%, крахмала – на 33,0%, жира – на 27,0–39,0% больше по сравнению с пленчатым сортом Конкур, что говорит о больших перспективах в хлебопечении, возможностях использования данной культуры при производстве крахмала и масла.

Отмечено, что в период биоактивации более активное и дружное проклевывание зерна, рост и развитие ростка до 1,5 мм у 80% семян наблюдалось у сортов голозерного овса. Экспериментально установлено, что создаваемые условия при проращивании (вода, тепло, воздух) способствуют снижению в зерне массовой доли белка на 5,4–8,8%, крахмала – на 19,5–22,9%, жиров – на 5,1–7,0% по сравнению с непророщенным зерном, и вследствие более активного прорастания голозерного

овса расход белковых веществ, полисахаридов и жиров в зерне сортов Багет и Бекас проходил активнее на 2,3–3,4%.

Оценено состояние углеводно-амилазного комплекса: зерно голозерного овса в отличие от пленчатого характеризуется более низкой автолитической активностью (вязкость 880–890 е.а. на амилографе Брабендера и «число падения» по Хагбергу – Пертену 348–354 с). Биоактивация зерна сильно повысила амилолитическую активность: максимум вязкости суспензии у сортов Багет и Бекас остановился на планке 105 е.а., число падения – на 75 с. Суммарная ферментативная активность амилаз выросла в абсолютном значении на 13,3–43,4 мг, более сильно увеличилась декстринирующая активность α -амилазы – в 2,2–9,8 раза, а осахаривающее действие β -амилазы возросло в 1,7–3,9 раза.

Голозерный овес, обладая низкой амилолитической активностью, в процессе биоактивации приобретает большую технологичность и функциональность как ингредиент, влияющий на биологическую ценность нового продукта.

Библиографические ссылки

1. Баталова Г.А., Шевченко С.Н., Тулякова М.В., Русакова И.И., Железникова В.А., Лисицин Е.М. Селекция голозерного овса, ценного по качеству зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 6–9.
2. Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследование химического состава проросших семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 1128–1133.
3. Дулов М.И., Дулова Е.В. Влияние температуры и продолжительности биоактивации на изменение химического состава, пищевую и биологическую ценность зерна овса голозерного и хлопьев // Инновационные процессы в обществе, науке и образовании. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2019. С. 86–94.
4. 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.
5. Красильников В.Н., Баталова Г.А., Попов В.С., Сергеева С.С. Жирно-кислотный состав голозерного овса отечественной селекции // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 4. С. 13–15.
6. 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.
7. Полонский В.И., Сурин 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.
8. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Баталова Г.А., Васин А.В., Анисимкина Н.В., Бишаев А.А. Изучение биологической ценности белка зерна овса голозерного // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2(34). С. 78–33.
9. Manzali R., Antari A., Douaik A., Taghouti M., Bencheikroun 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.
10. Singh R., De S., Belkheir A. *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview // Crit Rev Food Sci Nutr. 2013. Vol. 53, № 2. P. 126–144.

References

1. Batalova G.A., Shevchenko S.N., Tulyakova M.V., Rusakova I.I., Zheleznikova V.A., Lisitsin E.M. Seleksiya golozernogo ovs, tsennogo po kachestvu zerna [Breeding of hulless oats, valuable in terms of grain quality] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2016. № 5. S. 6–9.
2. Butenko L.I., Ligai L.V. Issledovanie khimicheskogo sostava prorosshikh semyan grechikhi, ovs, yachmenya i pshenitsy [The study of the chemical composition of germinated seeds of buckwheat, oats, barley and wheat] // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 4. S. 1128–1133.
3. Dulov M.I., Dulova E.V. Vliyanie temperatury i prodolzhitel'nosti bioaktivatsii na izmenenie khimicheskogo sostava, pishchevuyu i biologicheskuyu tsennost' zerna ovs golozernogo i khlop'ev [The effect of temperature and bioactivation length on the change in the chemical composition, nutritional and biological value of hulless oat kernels and flakes] // Innovatsionnye protsessy v obshchestve, nauke i obrazovanii. Penza: MTsNS «Nauka i prosveshchenie», 2019. S. 86–94.
4. Kozlova G.Ya., Akimova O.V. Sravnitel'naya otsenka golozernykh i plenchatykh sortov ovs po osnovnym pokazatelyam kachestva zerna [Comparative estimation of hulless and hulled oat varieties

according to the main indicators of grain quality] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2009. № 5. S. 87–89.

5. Krasil'nikov V.N., Batalova G.A., Popov V.S., Sergeeva S.S. Zhirno-kislotnyi sostav golozernogo ovsa otechestvennoi selektsii [Fatty acid composition of hulles oats of domestic breeding] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2018. №4. S. 13–15.

6. 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 -glucans in oat grain as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials and forage] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2017. Vol. 52, № 4. S. 646–657.

7. 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.

8. Shabolkina E.N., Shevchenko S.N., Batalova G.A., Vasin A.V., Anisimkina N.V., Bisharev A.A. Izuchenie biologicheskoi tsennosti belka zerna ovsa golozernogo [The study of the biological value of the protein in grain of hulles oats] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. № 2(34). 2020. S. 78–33.

9. Manzali R., Antari A., Douaik A., Taghouti M., Bencheikroun 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.

10. Singh R., De S., Belkheir A. *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview // Crit Rev Food Sci Nutr. 2013. Vol. 53, № 2. P. 126–144.

Поступила: 18.03.22; доработана после рецензирования: 31.03.22; принята к публикации: 12.05.22.

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.