

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЕЛКА ЗЕРНА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО

Е.Н. ШАБОЛКИНА¹, кандидат сельскохозяйственных наук
С.Н. ШЕВЧЕНКО¹, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
Г.А. БАТАЛОВА², доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
А.В. ВАСИН³, доктор сельскохозяйственных наук
Н.В. АНИСИМКИНА¹, старший научный сотрудник
А.А. БИШАРЕВ¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹САМАРСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ САМНЦ РАН,

E-mail: samniish@mail.ru

²ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ
Н.В. РУДНИЦКОГО»,

E-mail: g.batalova@mail.ru;

³ФГБОУ ВО САМАРСКИЙ ГАУ, 8 (846) 248-18-41;

E-mail: ssaa - samara@mail.ru

В исследованиях выявлено значительное преимущество голозерных сортов овса Бекас и Багет по содержанию белка в зерне по сравнению с пленчатым сортом-стандартом Конкур. Приведены данные по изучению аминокислотного состава, свидетельствующие о биологической ценности белка зерна овса голозерного и возможности использования его в качестве добавки для повышения питательной ценности продуктов питания. Для характеристики биологической ценности белка были рассчитаны: аминокислотный скор и коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС, %). Более высокое содержание незаменимых аминокислот от суммы всех аминокислот белка было отмечено у сорта Бекас (33,3%). Белок зерна овса Багет имел большее количество заменимых аминокислот - 69,1% от общей суммы аминокислот. По отношению к эталону в белке зерна овса голозерного наблюдали дефицит ряда незаменимых аминокислот – лизин, треонин, валин. По содержанию трех лимитирующих незаменимых аминокислот выделился сорт Бекас – 91,4%, при 83,6% у сорта Багет, но его биологическая ценность немного ниже, чем у сорта Багет из-за избытка незаменимых аминокислот (выше норм рекомендованных ФАО/ВОЗ на 18,0%). Уменьшение избыточного количества незаменимых аминокислот в белке (превышение физиологически необходимой нормы (эталона) у сорта Багет на 10,6%) повышает сбалансированность белка за счет снижения различия аминокислотных скоров (КРАС), а биологическая ценность белка при этом возрастает. В связи с нарушением количественного соотношения незаменимых аминокислот (по отношению к эталону) КРАС белка зерна овса Бекас составляет 26,3%, сорта Багет – 23,5%, а биологическая ценность составила соответственно 73,7% и 76,5%.

Ключевые слова: овес голозерный (*Avena sativa* subspecies *nudisativa*), белок, аминокислотный состав, незаменимые аминокислоты, заменимые аминокислоты, биологическая ценность.

STUDY OF BIOLOGICAL VALUE OF PROTEIN OF NAKED OATS GRAIN
E.N. Shabolkina¹, **S.N. Shevchenko**¹, **G.A. Batalova**², **A.V. Vasin**³, **N.V. Anisimkina**¹,
A.A. Bisharev¹

¹SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — A BRANCH OF FSBSI THE
SAMARA SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

²FSBSI «N.V. RUDNITSKY FEDERAL AGRICULTURAL SCIENTIFIC CENTER OF NORTH-EAST »

³SAMARA STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: *In long-term studies (2017-2019), a significant advantage of the bare-grain varieties of oats Bekas and Baguette in terms of protein content in grain over membranous variety-standard Konkur was established. In this regard, studies have been carried out to study the amino acid composition of the grain of this crop, with the aim of establishing the biological value of the protein of the grain of naked oat, and the possibility of using it as an additive to increase the nutritional value and quality of food products by increasing the proportion of essential amino acids in them. Grain samples of two varieties of naked oats Baguette and Bekas were used as experimental material. The amino acid composition of proteins was determined using the capillary electrophoresis system "KAPEL-105M". To determine the biological value of oat protein, the following parameters were calculated: amino acid score, amino acid score difference coefficient (CRA, %). The largest number of essential amino acids is characterized by grain protein of the Bekas variety (66,9 g / kg), which account for 33,3% of the sum of all amino acids, and the Baguet variety is 69,1% of the total number of essential amino acids. In relation to the standard, in the protein of the naked oat grain there is a deficiency of such essential amino acids as lysine, threonine and valine. By the content of three limiting essential amino acids, the Bekas variety stood out – 91,4% (Baguette variety – 83,6%), but its biological value is slightly lower than that of Baguette variety due to the excess of essential amino acids (18, 0%). A decrease in the excess amount of essential amino acids in the protein (excess of the physiologically necessary norm (standard) in the Baguette variety by 10,6%) increases its balance by reducing the difference in amino acid scores (KRAS), and the biological value of the protein increases. Due to the violation of the quantitative ratio of essential amino acids (relative to the standard), the KRAS of the protein of the grain of the Bekas variety is 26,3%, the Baguette variety is 23,5%, the biological value is 73,7% and 76,5%, respectively. The results of the studies indicate the possibility of using the varieties of naked oats Bekas and Baguette as an additive in various fields of production in order to increase nutritional value and obtain more biologically valuable products by increasing the proportion of essential amino acids in them.*

Keywords: naked oat (*Avena sativa* subspecies *nudisativa*), protein, amino acid composition, essential amino acids, non-essential amino acids, biological value.

Пищевую ценность зерна определяет не только химический состав, соотношение питательных веществ, но состав, свойства и усвояемость белков. Белок овса превосходит белок пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, проса по качеству аминокислотного состава, имеет большую биологическую ценность и поэтому принят за мерилу питательности – кормовую единицу [1, 2]. Он легко усваивается, так как его аминокислотный состав близок к физиологически необходимой норме (эталону) по данным ФАО/ВОЗ, и может использоваться организмом для создания собственных белков [3]. Содержание белка в зерне голозерных сортов значительно превосходит белковость пленчатых сортов [4], в связи с чем, исследования направленные на изучение аминокислотного состава и биологической ценности белка зерна голозерного овса актуальны.

Незаменимые аминокислоты (валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин) не синтезируются в организмах человека и животных, но крайне необходимы для нормальной жизнедеятельности. Недостаток данных аминокислот (лимитирующие или дефицитные), находящихся в очень малых количествах в продуктах растительного происхождения, ведет к серьезным нарушениям в работе всего организма, а их отсутствие ограничивает полноту использования белков [5]. Для питания необходимы белки, аминокислотный состав которых близок к среднему аминокислотному составу организма человека, при этом важен не только определенный набор аминокислот, но и их соотношение, недостаток одной какой-либо препятствует использованию других аминокислот (Лысиков Ю.А., 2012, Радчиков В.И. др., 2010). Белок овса голозерного по

аминокислотному составу более сбалансирован по сравнению с другими зерновыми культурами и продукты его переработки могут использоваться в хлебопечении как добавка к пшеничной муке для повышения питательной ценности хлеба [6, 7, 8]. Зерно овса используется как составная часть зерновых кормосмесей и комбикормов для увеличения общего содержания аминокислот и биологической ценности данных кормов [9, 10].

Цель исследований – определить биологическую ценность белка зерна овса голозерного для использования его в виде добавок с целью повышения качества продуктов питания и кормов.

Материал и методика исследований.

Исследования проведены на экспериментальной базе Самарского НИИСХ в 2017-2019 гг. В качестве экспериментального материала использовали образцы зерна сортов голозерного овса Багет и Бекас совместной селекции ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого», ФГБНУ «Фаленская селекционная станция» и ФГБНУ «Самарский НИИСХ». Содержание белкового азота определяли по методу Кьельдаля с последующим умножением на коэффициент пересчета азота на белок. Аминокислотный состав белков – с помощью системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М» в испытательной научно-исследовательской лаборатории Самарского ГАУ. Метод основан на разложении пробы кислотным гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы, дальнейшим их разделением и количественным определением с помощью капиллярного электрофореза. Для определения биологической ценности белка овса голозерного были рассчитаны следующие показатели: аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС, %). Аминокислотный скор показывает процентное отношение незаменимых аминокислот в белке овса к их содержанию в «идеальном белке» (физиологически необходимая норма (эталон) по данным ФАО/ВОЗ). КРАС отражает избыточное количество незаменимых кислот неиспользуемых в белковом строительстве. Биологическую ценность рассчитывали по формуле: БЦ (%) = 100 – КРАС.

Результаты исследований и их обсуждение

Количество белка варьирует в зависимости от сорта, климатических условий, географической зоны выращивания. Исследования в условиях Среднего Поволжья показали значительное преимущество голозерных сортов овса Бекас и Багет по содержанию белка в зерне над пленчатым сортом-стандартом Конкур (табл. 1).

Изучаемые сорта Бекас и Багет в 2019 году в конкурсном сортоиспытании сформировали максимальное количество белка 20,4%, что выше на 5,7% показателя белковости у пленчатого сорта Конкур.

Таблица 1

Содержание белка в зерне овса пленчатого и голозерного

№	Сорт	Годы, %			
		2017	2018	2019	Среднее
1	Конкур, st	13,9	14,0	14,7	14,2
2	Бекас	16,1	19,4	20,4	18,6
3	Багет	15,6	19,8	20,4	18,6
НСР _{0,05}		2,8			

В многочисленных работах [1, 4] отмечено не только преимущество голозерного овса по отношению к пленчатым сортам по содержанию белка, но и по более сбалансированному аминокислотному составу. Наши дальнейшие исследования были направлены на изучение биологической ценности новых сортов голозерного овса Бекас и Багет.

Наибольшая массовая доля незаменимых аминокислот, отвечающих за питательную ценность белков, у изученных сортов отмечена у овса Бекас (33,3%) по отношению ко всем аминокислотам в зерне.

Анализ содержания и соотношения отдельных незаменимых аминокислот свидетельствует о том, что больше всего в белке изучаемых сортов овса голозерного Бекас и

Багет таких аминокислот как лейцин + изолейцин. На их долю в зерне приходится 22,24 и 23,88 г/кг соответственно по сортам или 11,5 и 12,3% от суммы всех аминокислот (табл. 2). Максимальная суммарная массовая доля данных незаменимых аминокислот выявлена у сорта Бекас.

Содержание лизина в зерне сортов Бекас и Багет составило 7,17 и 8,52 г/кг соответственно, гистидина 3,33 и 4,22 г/кг, валина 8,32 и 8,50 г/кг, метионина 3,18 и 3,68 г/кг, треонина 5,78 и 6,23 г/кг, триптофана 2,46 и 2,52 г/кг и фенилаланина 8,05 и 9,91 г/кг.

Сравнительный анализ аминокислотного сора белка сортов овса голозерного относительно эталонного белка показал, что первой лимитирующей незаменимой аминокислотой является лизин, второй – треонин, третьей – валин. Дефицит трех лимитирующих аминокислот, ограничивающих полноту использования белков, у сортов овса голозерного Бекас составил 8,6%, у сорта Багет – 16,4%.

Наибольшее содержание лизина - первой лимитирующей незаменимой аминокислоты выявлено в белке зерна овса голозерного Бекас – 8,52 г/кг. Значения аминокислотного сора составляло для данного сорта 88,2%, для овса Багет – 74,4% (табл. 3).

Для сорта Бекас наблюдали также наибольший показатель содержания треонина в белке зерна – 6,23 г/кг, несколько меньшее содержание треонина было отмечено у сорта Багет (5,78 г/кг). Аминокислотный скор второй лимитирующей незаменимой аминокислоты составил относительно физиологически необходимой нормы соответственно по сортам 88,8% и 82,4%.

Содержание третьей лимитирующей незаменимой аминокислоты валин в белке зерна у сортов Бекас (8,50 г/кг) и Багет (8,32 г/кг) было практически на одном уровне, а показатели аминокислотного сора 97,0% и 94,8% соответственно.

На долю заменимых аминокислот в белке зерна овса голозерного, в зависимости от сорта приходится 66,7 и 69,1% от суммы всех аминокислот. Максимальное их количество отмечено для сорта Багет (136,81 г/кг).

Значительную долю заменимых аминокислот составляют глутаминовая кислота + глутамин, количество которых от суммы всех аминокислот для сортов Бекас – 37,63 г/кг, Багет - 43,40 г/кг. Наименьшее количество заменимых аминокислот в белке зерна сортов овса голозерного: тирозина (4,10 и 4,66 г/кг), серина (6,74 и 8,98 г/кг) и цистеина (7,42 и 7,74 г/кг).

Исследования показали, что в 1 г белка зерна сорта Бекас количество незаменимых аминокислот составляет в среднем 424,7 мг, у сорта Багет – 398,1 мг или соответственно 118,0% и 110,6% относительно норм рекомендованных ФАО/ВОЗ [5].

Содержание трех лимитирующих незаменимых кислот (лизин, треонин, валин) ниже эталонных показателей: у сорта Бекас - 91,4% , сорта Багет – 83,6%. Отклонение аминокислотных скоров, как в меньшую сторону, так и в большую (> 100%) является нежелательным в связи с невозможностью организмом использовать аминокислоты для белкового строительства. Для более полной оценки качества белка был рассчитан коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС, %). Из-за нарушения количественного соотношения незаменимых аминокислот по отношению к физиологической норме (эталону) КРАС белка зерна сорта Бекас составляет 26,3%, сорта Багет – 23,5%, биологическая ценность соответственно 73,7% и 76,5%.

Установлено, что среди изученных сортов овса голозерного большее количество первой (лизин), второй (треонин) и третьей (валин) лимитирующих незаменимых аминокислот имеет белок зерна сорта Бекас, но его биологическая ценность несколько ниже, чем у овса Багет из-за избытка незаменимых аминокислот (выше норм рекомендованных ФАО/ВОЗ на 18,0%). Уменьшение избыточного количества незаменимых аминокислот в белке (превышение физиологически необходимой нормы (эталона) у сорта Багет на 10,6%) повышает биологическую ценность его белка за счет снижения различия аминокислотных скоров (КРАС).

Таблица 2

Аминокислотный состав зерна сортов овса голозерного, 2018 год.

№ п/п	Название сорта	Незаменимые аминокислоты, г/кг									Заменимые аминокислоты, г/кг									
		лизин	гистидин	лейцин + изолейцин	валин	метионин	треонин	триптофан	фенилаланин	всего	аланин	аргинин	аспар. кислота + аспарагин	глицин	глут. кислота + глутамин	пролин	серин	тирозин	цистеин	всего
1	Бекас	8,52	4,22	23,88	8,50	3,18	6,23	2,46	9,91	66,90	8,59	26,78	20,72	9,05	37,63	10,71	8,98	4,10	7,74	134,30
2	Багет	7,17	3,33	22,24	8,32	3,68	5,78	2,52	8,05	61,09	7,90	27,50	21,67	7,59	43,40	9,93	6,74	4,66	7,42	136,81

Таблица 3

Биологическая ценность белка зерна овса голозерного, 2018 г.

Незаменимые аминокислоты	Содержание аминокислот в 1 г белка, мг «эталонный белок»	Сорт							
		Бекас				Багет			
		Содержан аминокислот в 1 г белка, исслед. образца, мг	Аминокислот. скор, АКС, %	Коэф. различ. аминок. скоров, КРАС, %	Биологическая ценность, БЦ, %	Содержан аминокислот в 1 г белка, исслед. образца, мг	Аминокислот. скор, АКС, %	Коэф. различ. аминок. скоров, КРАС, %	Биологическая ценность, БЦ, %
Изолейцин	40	136,1	123,7	26,3	73,7	126,8	115,2	23,5	76,5
Лейцин	70								
Лизин	55								
Метионин + цистеин	35								
Фенилаланин + тирозин	60								
Треонин	40								
Триптофан	10								
Валин	50								
ИТОГО	360	424,7				398,1			

Заключение

Наибольшим количеством незаменимых аминокислот характеризуется белок зерна сорта Бекас (66,9 г/кг), на долю которых от суммы всех аминокислот приходится 33,3%, а наибольшим количеством заменимых аминокислот – сорт Багет – 69,1% от общей суммы. По отношению к эталону в белке зерна овса голозерного отмечен дефицит таких незаменимых аминокислот как лизин, треонин и валин. Содержание данных аминокислот у сорта Бекас составило 91,4%, у сорта Багет – 83,6%. Из-за избытка некоторых незаменимых аминокислот, нарушения их количественного соотношения по отношению к физиологической норме (эталону), КРАС белка зерна сорта Бекас составляет 26,3%, сорта Багет – 23,5%, биологическая ценность соответственно 73,7% и 76,5%. Результаты исследований свидетельствуют о возможности использования зерна сортов овса голозерного Бекас и Багет в качестве добавки в целях получения более биологически ценных продуктов за счет увеличения в них доли незаменимых аминокислот и повышения их питательной ценности.

Литература

1. 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.
2. Anderson O.D. The Spectrum of Major Seed Storage Genes and Proteins in Oats (*Avena sativa*) // PLoS One. – 2014. – V.9. – № 7. – P. e83569.
3. Анисимова Л.В., Ахмед С.И., Баландина Т.И. Влияние гидротермической обработки зерна на аминокислотный состав овсяной муки // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. Материалы 21 междунар. науч.-практич. конф. (22-23 марта 2018 г.). – Барнаул, – 2018. – Ч. 2. – С. 7-9.
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. 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.
6. Плеханова 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.
7. Чалдаев П. А. Совершенствование технологий хлебобулочных изделий с добавлением продуктов переработки овса: дис. ... канд. технич. наук. – Самара. – 2013. – 153 с.
8. 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.
9. Андреев Н.Р., Баталова Г.А., Носовская Л.П., Адикаева Л.В., Шевченко С.Н. Оценка технологических свойств некоторых сортов голозерного овса, как сырья для производства крахмала // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 83-88.
10. Бетин А.Н., Крысин М.П., Краснослободцева А.С. Использование голозерного овса в составе комбикормов для свиней и молодняка крупного рогатого скота// Зоотехния. – 2010. – № 2. – С. 12-14.

References

1. Polonskii V.I., Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. et al. The study of oats varieties (*Avena sativa L.*) of different geographical origin in grain quality and productivity. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii - Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2019, no. 23(6), pp. 683-690. (In Russian)
2. Anderson O.D. The Spectrum of Major Seed Storage Genes and Proteins in Oats (*Avena sativa*). *PLoS One*, 2014, V.9, no.7, P. e83569.
3. Anisimova L.V., Akhmed S.I., Balandina T.I. [The effect of hydrothermal processing of grain on the amino acid composition of oatmeal. Modern problems of engineering and technology of food production]. *Materialy 21 mezhdunar. nauch.-praktich. konf.* [Materials 21st international scientific and practical conf.](22-23 March 2018), Barnaul, 2018, Part 2, pp. 7-9. (In Russian)
4. Kozlova G.Ya., Akimova O.V. Comparative assessment of naked and membranous varieties of oats according to the main indicators of grain quality. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 2009, no.5, pp.87-89. (In Russian)
5. 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, no. 2, pp.126-144.
6. Plekhanova L.V. The use of flour from bare oats or barley mixed with wheat for the production of bread. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK — Achievements of science and technology of agribusiness*, 2014, no.4, pp. 65-66. (In Russian)
7. Chaldaeve P.A. Sovershenstvovanie tekhnologii khlebobulochnykh izdelii s dobavleniem produktov pererabotki ovsa. Diss. kand. tekhnich. Nauk [Improving the technology of bakery products with the addition of oat products. Cand. Eng. Sci. diss.]. Samara, 2013, 153 p. (In Russian)
8. 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, no. 2, pp. 72-76.
9. Andreev N.R., Batalova G.A., Nosovskaya L.P., Adikaeva L.V., Shevchenko S.N. Assessment of the technological properties of some varieties of glazed oats as raw materials for the production of starch. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2016, no.1(17), pp.83-88. (In Russian)
10. Betin A.N., Krysin M.P., Krasnoslobodtseva A.S. The use of bare oats as part of feed for pigs and young cattle. *Zootekhnika — Zootechnics*, 2010, no.2, pp. 12-14. (In Russian)