

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, С. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Н. В. Анисимкина

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова,
446254, Самарская обл., пос. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41
E-mail: samniish@mail.ru

Исследования проводили с целью оценки сбалансированности незаменимых аминокислот в белках пленчатых и голозерных сортов овса, относительно «эталонного белка», для определения возможности увеличения доли незаменимых аминокислот в продуктах питания и комбикормах при использовании зерна овса в качестве добавки при их производстве. Работу выполняли в 2018–2022 гг. в Самарской области. В качестве экспериментального материала использовали образцы зерна пленчатого овса сорта Конкур и голозерных сортов Бекас и Багет. Наибольшее содержание незаменимых аминокислот отмечено в зерне сортов голозерного овса – 39,9...41,0 г/кг. В том числе сумма критических аминокислот (лизин, метионин, триптофан) достигала 9,4...9,6 г/кг, что на 1,1...1,3 г/кг выше, чем у пленчатого сорта Конкур. Содержание незаменимых аминокислот в 1 г белка сорта Конкур составляло 249,7 мг, сорта Бекас – 268,4 мг, сорта Багет – 262,9 мг, или соответственно 69,4 %, 74,6 % и 73,0 % относительно рекомендованных норм ФАО/ВОЗ. Избыток некоторых незаменимых аминокислот в зерне голозерного овса (аминокислотный скор больше 100 %) вызвал разбалансировку соотношения незаменимых аминокислот, по сравнению с «эталонными» значениями, увеличивая при этом коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС). Величина этого показателя у сорта Конкур составила 24,2 %, сорта Бекас 33,9 %, сорта Багет 35,5 %, что способствовало снижению биологической ценности белков зерна голозерных сортов, по отношению к пленчатому. Высокое содержание незаменимых аминокислот в белке зерна голозерного овса делает целесообразным его использование в качестве балансирующего ингредиента при производстве продуктов и кормов с повышенной питательной ценностью.

AMINO ACID COMPOSITION OF PROTEINS OF HULLED AND NAKED OATS

E. N. Shabolkina, S. N. Shevchenko, N. V. Anisimkina

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Tulajkov Samara Research Agricultural Institute,
446254, Samarskaya obl., pos. Bezenchuk, ul. Karla Marksa, 41
E-mail: samniish@mail.ru

The expansion of the production of products with specified functional indicators (cereals, bakery products, pasta, desserts, muesli, yogurts) and feed with a certain amino acid composition is the main task of the food industry and the feed industry, and naked oats have firmly occupied their own niche in these areas of processing. The purpose of the research is to establish the amino acid composition of oat proteins of the hulled oat variety Konkur and naked varieties Bekas and Baget, to assess the balance of essential amino acids in oat proteins relative to the «reference protein» (amino acid scale according to FAO / WHO data) in order to use grain as an additive in food and feed to increase the proportion of essential amino acids in them. The research was carried out during 2018–2022 at the experimental base of the Samara Research Institute of Agriculture. Grain samples of the varieties of filmy and naked oats Konkur, Bekas and Baget were used as experimental material. It was found that the highest proportion of essential amino acids was observed in varieties of naked oats 39,9–41,0 g/kg. The sum of critical amino acids (lysine, methionine, tryptophan) in naked oat varieties was 9,4–9,6 g/kg, which is 1,1–1,3 g/kg higher than in the filmy variety Konkur. According to studies, 1 g of Konkur variety protein contains 249,7 mg of essential amino acids, proteins of naked oat variety Bekas – 268,4 mg and Baget variety – 262,9 mg, which corresponds to 69,4 %, 74,6 % and 73,0 % relative to FAO/WHO recommended standards. The excess of some essential amino acids in naked oat varieties (amino acid score over 100 %) contributed to the imbalance in the ratio of essential amino acids to the «reference» values, while increasing the coefficient of difference in amino acid scores (KRAS protein of Konkur variety was 24,2 %, Bekas variety 33,9 %, varieties Baget 35,5 %), thereby contributing to a decrease in the biological value of the proteins of the varieties Bekas and Baget in relation to the protein of the filmy variety Konkur. Grain of naked oats with a high content of essential amino acids should be used as an ingredient in the production of food and feed with high nutritional value.

Ключевые слова: овес пленчатый и голозерный (*Avena sativa* subspecies *nudisativa*), незаменимые и заменимые аминокислоты, аминокислотная шкала, аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотных скоров.

Key words: hulled and naked oats (*Avena sativa* subspecies *nudisativa*), essential and non-essential amino acids, amino acid scale according to FAO/WHO, amino acid score, coefficient of difference in amino acid scores.

Научно-технический прогресс, техногенные и природные катастрофы, ведущие к ухудшению экологии на планете, влияют на здоровье населения. Правильное питание – залог плодотворной, продолжительной жизни людей и продукты переработки из овса считают неотъемлемой частью функционального и специализированного питания. Благодаря лечебным и диетическим качествам овес обладает большим потенциалом – содержание в зерне пищевых волокон-β-глюканов, полноценный на-

бор аминокислот, антиоксиданты, витамины, минеральные и биологически активные вещества нормализуют работу желудочно-кишечного тракта человека, способствуют профилактике различных заболеваний [1, 2].

Белок овса более сбалансирован по составу, по сравнению с другими зерновыми культурами, содержит все незаменимые аминокислоты, не синтезирующиеся в организмах человека и животных, характеризуется высокой биологической ценностью [3, 4]. Полноцен-

ность белков определяет не просто определенный набор аминокислот, но и их соотношение [5].

Расширение производства продуктов с заданными функциональными свойствами (каши, хлебобулочные изделия, макароны, десерты, мюсли, йогурты) и кормов определенного аминокислотного состава – основная задача пищевой индустрии и комбикормовой промышленности. Отдельную нишу в этих областях переработки прочно занял овес голозерный. Использование в хлебопечении в различном соотношении с пшеничной мукой цельнозернового зерна и сеяной муки из зерна овса увеличивает содержание микроэлементов (Mn, Fe), витаминов (тиамина и рибофлавина), растворимых и нерастворимых пищевых волокон в готовых изделиях [6, 7]. Благодаря сбалансированному аминокислотному составу, высокой энергетической ценности жиров овса, благоприятному соотношению жирных кислот в зерне, овес голозерный нашел широкое применение в качестве компонента комбикормов и кормосмесей для сельскохозяйственных животных [8, 9].

Научные исследования, селекционная работа, оптимизация технологий возделывания, направленные на повышение биологической ценности растительных белков путем увеличения содержания в них незаменимых аминокислот, на сегодняшний день очень перспективны и важны, так как аминокислоты, которые не синтезируются в организме человека и животных, должны поступать с пищей в полном объеме.

Цель исследований – оценить сбалансированность незаменимых аминокислот в белках пленчатых и голозерных сортов овса, относительно «эталонного белка», для определения возможности использования их зерна в качестве добавки к продуктам питания и комбикормам.

Методика. Работу проводили в 2018–2022 гг. на базе Самарского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Самарская обл.). В качестве экспериментального материала использовали образцы зерна сортов овса пленчатого Конкур, голозерного – Бекас и Багет. Опыты закладывали на полях селекционного севооборота в питомниках конкурсного испытания при систематическом размещении, в четырехкратной повторности. Предшественник – чистый пар, учетная площадь делянок – 10 м², агротехника – общепринятая для зоны.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями в пахотном слое почвы: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,0...4,4 %, легкогидролизуемого азота (ионометрическим методом) – 4,2...4,7 мг/100 г почвы, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 20,6...23,6 мг/100 г и 19,1...19,8 мг/100 г почвы соответственно, pH солевой вытяжки – 6,2...6,8.

Содержание белкового азота определяли по методу Кьельдала (ГОСТ 10846-91), аминокислотный состав белков – методом капиллярного электрофореза, основанным на кислотном гидролизе и переводе аминокислот в свободные формы с дальнейшим их разделением и количественном определении на приборе «КАПЕЛЬ-105М».

Для характеристики качества (биологической ценности) белка рассчитывали аминокислотный скор и коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС, %). Аминокислотный скор отражает отношение незаменимых аминокислот в исследуемом белке к их содержанию в «эталонном белке», КРАС характеризует избыточное количество незаменимых аминокислот, которые не используются в белковом строителе. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа.

Метеоусловия в годы исследований были различными: вегетационный период 2018 г. характеризовался недостаточным увлажнением (8...24 мм продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы) и пониженным температурным режимом (11,2...18,5 °С в первой и второй декаде июня). В дальнейшем отмечали суховеи в течение 3 дней, жаркую сухую погоду, что нарушало процесс формирования зерна. Метеорологические условия в 2019–2020 гг. отличались более изменчивым температурным режимом, который варьировал от уровня ниже среднесуточной нормы (на 8 °С) до суховея в течение 4...6 дней в период налива и созревания зерна. В 2021 г. на протяжении практически всего вегетационного периода наблюдали засуху, температура воздуха превышала среднесуточную на 0,5...9,0 °С, период роста и развития овса характеризовался как острозасушливый с гидротермическим коэффициентом 0,39. В 2022 г. вегетация проходила в благоприятных условиях, которые отличались достаточным количеством осадков (135...176 % от нормы) и пониженным температурным режимом (на 0,4...4,9 °С меньше среднесуточных значений).

Результаты и обсуждение. Погодные условия, сорт и географическая зона возделывания – важнейшие факторы, которые влияют на формирование белка в зерне [4, 9]. В условиях Среднего Поволжья в 2018–2022 гг. пленчатый сорт овса Конкур уступал голозерным по содержанию белка в зерне на 4,3...4,6 % (табл. 1). Максимальная в опыте величина этого показателя была отмечена у сортов Бекас и Багет в конкурсном сортоиспытании в 2019 г., что превышало содержание белка в зерне сорта Конкур на 5,7 %. В 2018 г. разница была еще больше и составляла 5,4...5,8 %, в 2020 и 2021 гг. она находилась на уровне 3,4...4,5 %. Достаточное количество осадков и пониженная, относительно среднесуточных значений, температура в 2022 г. не способствовали накоплению белка в зерне, у пленчатого сорта его содержание составляло 12,5 %, у голозерных – 15,2...15,6 %, разница между величинами этого показателя была наименьшей за все годы исследований и находилась на уровне 2,7...3,1 %.

Табл. 1. Содержание белка в зерне овса, %

Сорт	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Конкур	14,0	14,7	15,0	16,0	12,5	14,4
Бекас	19,4	20,4	19,1	19,4	15,2	18,7
Багет	19,8	20,4	19,5	19,7	15,6	19,0
НСР ₀₅	0,8	0,7	1,1	1,5	1,3	

В предыдущих исследованиях было отмечено преимущество сортов голозерного овса, по сравнению с пленчатыми, по содержанию не только белка, но и незаменимых аминокислот [10]. Синтез белковых веществ в организме, при отсутствии или нехватке одной из незаменимых аминокислот, невозможен [11, 12], поэтому дальнейшая работа была направлена на изучение соотношения аминокислот в зерне и сбалансированности аминокислотного состава.

Наибольшим количеством незаменимых аминокислот, определяющих питательную ценность, характеризовались сорта голозерного овса – 39,9...41,0 г/кг (табл. 2). У сорта Бекас величина этого показателя была на 2,7 % выше, чем у сорта Багет.

Сумма критических аминокислот (лизин, метионин, триптофан) наиболее дефицитных в белках растительного происхождения у голозерных сортов овса составляла 9,4...9,6 г/кг, что на 1,1...1,3 г/кг выше, чем у пленчатого сорта Конкур, в том числе содержание лизина у голозерных сортов достигало 5,5...5,6 г/кг (сорт Конкур

Табл. 2. Аминокислотный состав белков сортов пленчатого голозерного овса (среднее за 2019–2021 гг.), г/кг

Показатель	Конкур	Бекас	Багет	НСР ₀₅
Валин	5,8	5,6	5,6	F _{факт.} < F _{табл.}
Гистидин	3,3	3,5	3,3	F _{факт.} < F _{табл.}
Изолейцин + лейцин	11,6	11,0	10,5	0,4
Лизин	4,9	5,6	5,5	0,5
Метионин	1,8	2,0	2,3	0,2
Треонин	3,7	3,7	3,9	F _{факт.} < F _{табл.}
Триптофан	1,6	1,8	1,8	0,2
Фенилаланин	6,4	7,8	7,0	0,6
Сумма критичных аминокислот	8,3	9,4	9,6	0,7
Сумма незаменимых аминокислот	39,1	41,0	39,9	0,5
Аргинин	14,2	16,5	16,9	1,1
Аланин	5,1	5,6	5,4	F _{факт.} < F _{табл.}
Аспарагин	10,0	10,8	11,7	0,6
Глицин	4,8	5,8	5,2	0,8
Глутамин	25,8	27,1	29,3	1,2
Пролин	6,7	5,4	6,1	0,4
Серин	5,9	7,6	6,9	0,6
Тирозин	4,0	4,4	4,8	0,3
Цистеин	4,0	5,2	4,7	0,5
Сумма заменимых аминокислот	80,5	88,4	91,0	2,3
Общая сумма аминокислот	119,6	129,4	130,9	3,1

4,9 г/кг). Как и сумма лимитирующих аминокислот величины этих показателей у сортов Бекас и Багет находились практически на одном уровне.

Условия произрастания влияли не только на формирование белка, но и на его аминокислотный состав. В 2019 г. в период налива и созревания зерна наблюдали суховей, воздушную засуху, дефицит почвенной влаги, что приводило к снижению продуктивности голозерного овса, но способствовало увеличению накопления белка. В зерне сортов Бекас и Багет в этом году отмечали наибольшее содержание аминокислот 134,3...136,8 г/кг, в том числе количество лимитирующих аминокислот было на 10,8 % выше, чем в другие годы исследований.

Согласно результатам анализа соотношения незаменимых аминокислот в белке всех сортов самое большое их количество приходилось на сумму изолейцин и лейцин – 10,5...11,6 г/кг, наибольшее величину этого показателя отмечали у пленчатого сорта Конкур. Различия по содержанию валина, гистидина и треонина в белке между сортами пленчатого и голозерного овса были недостоверны. Количество фенилаланина в белках голозерного овса превышало величину этого показателя у сорт Конкур на 0,6...1,4 г/кг.

В целом в белках овса на долю заменимых аминокислот в зависимости от сорта приходилось 67,3...69,5 % от суммы всех аминокислот. Наибольшим их содержанием характеризовались сорта голозерного овса – 88,4...91,0 г/кг. Значительную часть заменимых аминокислот составлял глутамин – 25,8...29,3 г/кг, на тирозин приходилось 4,0...4,8 г/кг, цистеин – 4,0...5,2 г/кг. Существенных различий между сортами голозерного овса не выявлено.

Качество белка определяет его усвояемость, которая зависит от содержания и соотношения незаменимых и заменимых аминокислот. Одним из важнейших показателей качества пищевого белка считают аминокислотный скор. Первой лимитирующей незаменимой аминокислотой, относительно «эталонного белка» (аминокислотная шкала по данным ФАО/ВОЗ) у изучаемых сортов овса был лизин, второй – треонин, третьей – сумма изолейцин + лейцин (табл. 3).

Дефицит трех лимитирующих аминокислот, влияющих на полноту использования белков, у сорта Конкур составил 45,5 %, что на 1,2...1,4 % больше, чем у голозерных. По лизину наибольший аминокислотный скор относительно физиологически необходимой нормы от-

мечен у голозерного овса Багет и Бекас – 57,1 и 58,0 % соответственно. В 1 г белка сорта Конкур содержалось 249,7 мг незаменимых аминокислот, что соответствует 69,4 % от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ (360 мг незаменимых аминокислот в 1 г «эталонного белка»). В белках голозерного овса сорта Бекас величина этого показателя составляла 74,6 % от нормы, Багет – 73,0 %.

При определении биологической ценности белков большое значение имеет коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС, %), так как их отклонения в меньшую (<100 %) или большую сторону (> 100 %) нежелательно в связи с неспособностью организма использовать аминокислоты для белкового строительства. Из-за недостатка или избытка незаменимых аминокислот в белках происходит нарушение количественного соотношения незаменимых аминокислот, по отношению к «эталонному белку», то есть к физиологически необходимой норме [12, 13]. В нашем исследовании КРАС белка сорта Конкур характеризовался меньшей разбалансированностью и был на 9,7...11,3 % меньше, чем у голозерных сортов.

В сортах голозерного овса избыток содержания сумм метеонин и цистеина, фенилаланина и тирозина, а также триптофана (аминокислотный скор больше 100 %) привел к разбалансированности соотношения незаменимых аминокислот, относительно эталонных значений. В результате произошло увеличение коэффициента различия аминокислотных скоров, что способствовало снижению биологической ценности белков сортов Бекас и Багет, по отношению к белку пленчатого сорта Конкур. Высокое содержание незаменимых аминокислот в белках

Табл. 3. Биологическая ценность белков пленчатого и голозерного овса (среднее за 2019–2021 гг.)

Незаменимая аминокислота	Содержание аминокислот в 1 г, мг		Аминокислотный скор, %	КРАС, %	Биологическая ценность, %
	«эталонный белок»	иссле- дуемый образец			
Сорт Конкур					
Изолейцин	40	66,1	60,1	24,2	75,8
Лейцин	70				
Лизин	55	27,9	50,7		
Метионин + Ци- стеин	35	33,1	94,6		
Фенилаланин +					
Тирозин	60	59,3	98,8		
Треонин	40	21,1	52,8		
Триптофан	10	9,1	91,0		
Валин	50	33,1	66,2		
Всего	360	249,7			
Сорт Бекас					
Изолейцин	40	62,7	57	33,9	66,1
Лейцин	70				
Лизин	55	31,9	58		
Метионин + Ци- стеин	35	41	117,1		
Фенилаланин +					
Тирозин	60	69,5	115,8		
Треонин	40	21,1	52,8		
Триптофан	10	10,3	103,0		
Валин	50	31,9	63,8		
Всего	360	268,4			
Сорт Багет					
Изолейцин	40	59,9	54,5	35,5	64,5
Лейцин	70				
Лизин	55	31,4	57,1		
Метионин + Ци- стеин	35	39,9	114		
Фенилаланин +					
Тирозин	60	67,3	112,2		
Треонин	40	22,2	55,5		
Триптофан	10	10,3	103		
Валин	50	31,9	63,8		
Всего	360	262,9			

голозерного овса необходимо использовать для повышения питательной ценности продуктов с заданными функциональными показателями и кормов с определенным аминокислотным составом, то есть вносить зерно голозерного овса в кормовые смеси в качестве балансирующего ингредиента.

Выводы. Наибольшее содержание незаменимых аминокислот в белке зерна изучаемых сортов отмечено у голозерного овса – 39,9...41,0 г/кг. Сумма критических аминокислот (лизин, метионин, триптофан) наиболее дефицитных в белках растительного происхождения у голозерных сортов овса составляет 9,4...9,6 г/кг, что на 1,1...1,3 г/кг выше, чем у пленчатого сорта. Количество лизина в белке зерна сортов Бекас и Багет достигает 5,5...5,6 %, при величине этого показателя у сорта Конкур 4,9 г/кг. Белок зерна сорта Конкур содержит 249,7 мг/г незаменимых аминокислот, или 69,4 % рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ, у голозерного овса сорта Бекас величина этого показателя составляет 74,6 %, Багет – 73,0 %.

Избыток незаменимых аминокислот в белке зерна сортов голозерного овса привел к разбалансировке соотношения незаменимых аминокислот, по сравнению с эталонными значениями, что повышало коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС белка сорта Конкур составил 24,2 %, сорта Бекас – 33,9 %, сорта Багет – 35,5 %). Это способствовало снижению биологической ценности белков голозерных сортов, по сравнению с пленчатым сортом Конкур. Зерно голозерного овса с высоким содержанием незаменимых кислот (аминокислотный скор больше 100 %) целесообразно использовать в качестве балансирующего ингредиента при производстве продуктов и кормов с повышенной питательной ценностью.

Литература.

1. Лоскутов И. Г., Полонский В. И. Селекция на содержание β -глюкана в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 4. С. 646–657.
2. 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.
3. Селекция голозерного овса, ценного по качеству зерна / Г. А. Баталова, С. Н. Шевченко, М. В. Тулякова и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2016. № 5. С. 6–9.
4. Исаčkova О. А., Логинова А. О., Коркина В. И. Содержание аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. № 5 (52). С. 15–23.
5. Stewart D., McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // *British Journal of Nutrition*. 2014. Vol. 112. P. 50–57.
6. Янова М. А., Иванова Т. С. Экструзионная обработка зерна ячменя и овса для получения муки и мучных кондитерских, хлебобулочных изделий. Красноярск: ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», 2014. С. 64–77.
7. Использование зерна овса голозерного в хлебопечении / Е. Н. Шаболкина, Н. В. Анисимкина, С. Н. Шевченко и др. // *Достижения науки и техники*. 2019. № 11(33). С. 74–77.
8. Жирно-кислотный состав голозерного овса отечественной селекции / В. Н. Красильников, Г. А. Баталова, В. С. Попов и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2018. № 4. С. 13–15.
9. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности / В. И. Полонский, Н. А. Сурин, С. А. Герасимов и др. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. № 23(6). С. 683–690.
10. Изучение биологической ценности белка зерна овса голозерного / Е. Н. Шаболкина, С. Н. Шевченко, Г. А. Баталова и др. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 2. (34). С. 78–83.
11. 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. P. 126–144.
12. Лысыков Ю. А. Аминокислоты в питании человека // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2012. № 2. С. 88–105.
13. Мартинчик А. Н. Физиология питания. М: Издательский центр «Академия», 2013. 240 с.

Поступила в редакцию 18.09.2023

После доработки 05.10.2023

Принята к публикации 31.10.2023