

Пищевая ценность нетрадиционных кормов (*Chenopodium quinoa* – киноа) для птицеводства и животноводства

В. В. Горшков

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

E-mail: vita-gorshkov@yandex.ru

Аннотация. Исследование направлено на изучение новой кормовой культуры – киноа, семена которого обладают комплексом элементов питания, позволяющими обогатить рацион сельскохозяйственных животных и птицы необходимыми питательными веществами. **Методы.** Исследование семян киноа торговых марок Bravolli, «Мистраль» и «Большер» проводили в Алтайском ГАУ и Испытательном центре ФГБУ ВНИИЗЖ по стандартным органолептическим и лабораторным методикам с последующим статистическим анализом полученных данных. **Цель** исследований заключалась в оценке морфологии и пищевой ценности новой кормовой культуры – киноа, включая аминокислотный состав белков, уровень незаменимых аминокислот и минеральных веществ. **Результаты.** Морфологическая оценка показала, что изучаемые сорта киноа были преимущественно желтого цвета до коричневатого разной интенсивности. Содержание протеинов составляло 11,7–13,4 %, что меньше, чем у бобовых, однако больше, чем у зерновых злаковых. По общему количеству углеводов (66,0–68,7 %) киноа уступает злаковым, но превосходит бобовые. Анализ свидетельствует, что киноа имеет по сравнению с зерновыми культурами повышенное содержание жиров (4,9–5,9 %), в том числе количество полиненасыщенных жирных кислот составило от 48 до 53 %, линолевой кислоты – от 41,95 до 45,35 %. Из ненасыщенных жирных кислот больше всего в киноа пальмитиновой кислоты (8,87–9,51 %), а из мононенасыщенных – олеиновой (23,40–25,68 %). Наибольшим среди зольных элементов было количество калия – 556 мг / 100 г, по содержанию которого киноа уступало только гороху (на 175 мг), а наименьшей была доля кремния – 40,4 мг, по содержанию которого киноа уступало овсу. **Научная новизна** исследования заключается в том, что использование киноа позволит не только повысить пищевую ценность кормовой смеси, делая ее более доступной для пищеварения и усвоения животными, но и сделать рацион более полноценным и сбалансированным, что является основой здорового и физиологически обусловленного кормления скота и птицы.

Ключевые слова: киноа, корма, животноводство, кормление, сельскохозяйственная птица, пищевая ценность, аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, микроэлементы, макроэлементы

Для цитирования: Горшков В. В. Пищевая ценность нетрадиционных кормов (*Chenopodium quinoa* – киноа) для птицеводства и животноводства // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 06. С. 1044–1057. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1044-1057>.

Дата поступления статьи: 12.03.2025, **дата рецензирования:** 28.07.2025, **дата принятия:** 03.04.2026.

Nutritional value of non-traditional feeds (*Chenopodium quinoa* – quinoa) for poultry and livestock farming

V. V. Gorshkov

Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

E-mail: vita-gorshkov@yandex.ru

Abstract. The study is aimed at studying a new forage crop – quinoa, the seeds of which have a complex of nutritional elements that allow enriching the diet of farm animals and poultry with essential nutrients. **Methods.** The study of quinoa seeds of the brands “Bravolli”, “Mistral” and “Bolsner” was conducted at the Altai State Agrarian University and the Testing Center of the Federal State Budgetary Institution “All-Russian Research Institute of Animal Husbandry” using standard organoleptic and laboratory methods, followed by statistical analysis of the data obtained. **The purpose** of the research was to assess the morphology and nutritional value of a new forage crop – quinoa, including the amino acid composition of proteins, the level of essential amino acids and minerals. **Results.** Morphological assessment showed that the studied quinoa varieties were predominantly yellow to brownish in color of varying intensity. The protein content was 11.7–13.4 %, which is less than that of legumes, but more than that of cereal grains. In terms of the total amount of carbohydrates (66.0–68.7 %), quinoa is inferior to cereals, but superior to legumes. The analysis shows that quinoa has a higher fat content than cereals (4.9–5.9 %), including the amount of polyunsaturated fatty acids amounted to 48 to 53 %, the main one being linoleic acid (41.95–45.35 %). Of the unsaturated fatty acids, quinoa has the most palmitic acid (8.87–9.51 %), and of the monounsaturated acids – oleic acid (23.40–25.68 %). The highest amount of ash elements was potassium – 556 mg / 100 g, in terms of which quinoa was second only to peas (by 175 mg), and the lowest was silicon – 40.4 mg, in terms of which quinoa was second to oats. **The scientific novelty** of the study lies in the fact that the use of quinoa will not only increase the nutritional value of the feed mixture, making it more accessible for digestion and absorption by animals, but also make the diet more complete and balanced, which is the basis for healthy and physiologically conditioned feeding of livestock and poultry.

Keywords: quinoa, feed, livestock, feeding, poultry, nutritional value, amino acids, unsaturated fatty acids, microelements, macroelements

For citation: Gorshkov V. V. Nutritional value of non-traditional feeds (*Chenopodium quinoa* – quinoa) for poultry and livestock farming. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 1044–1057. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1044-1057>. (In Russ.)

Date of paper submission: 12.03.2025, **date of review:** 28.07.2025, **date of acceptance:** 03.04.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Современное животноводство требует новых подходов в организации кормления животных и птицы [1–3]. Одним из перспективных кормовых средств, используемых в том числе и при приготовлении комбикормов для обогащения рационов в мире и стране? является *Chenopodium quinoa* (киноа) – псевдозерновая культура семейства амарантовых, которую возделывают в 72 странах мира [4]. Киноа является однолетним растением высотой до 2,2 м с достаточно толстым и деревянистым стеблем, мелкими цветками беловато-желтого цвета, сгруппированными в плотные метелки [5]. Кормовую ценность представляют семена у киноа, они слегка уплощенно-округлой формы длиной до 3–4 мм, темные или светлые, различной окраски [6].

Киноа берет свое происхождение из горных частей Анд, где произрастает на высоте до 4000 м над уровнем моря в суровых условиях, поэтому несомненным преимуществом киноа является высокая приспособляемость растений к окружающим условиям, морозам, засолению почв, засухе [7] и другим неблагоприятным условиям [8].

Еще одной особенностью киноа является его значительное генетическое разнообразие (известно до 700 экотипов), обусловленное высокой степенью изменчивости этой культуры во внутривидовых скрещиваниях [9]. При этом дикие и культурные сорта могут иметь существенные морфологические различия по окраске растений и семян, разнообразную питательность, содержание сапонинов и другие характеристики [10].

В нашей стране впервые работы по акклиматизации, адаптации и агрокультивированию разных сортов киноа начали проводить с 2009 года. Результативность этой работы на основе отечественного и международного опыта в разных регионах России позволила Минсельхозу РФ включить эту культуру с 2017 году в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию [11].

В настоящее время разные страны рассматривают актуальность введения как семян, так и зеленой массы этой культуры в рацион питания человека и использование для сельскохозяйственного производства. Это обусловлено высокой адаптационной способностью к разным, особенно засушливым условиям, высокой урожайностью, питательностью и относительной неприхотливостью к разным природно-климатическим условиям [12–15].

Таким образом, на основе характеристики пищевой и биологической ценности семян киноа можно предположить, что данная культура позволит уменьшить потребность мирового и отечественного животноводства и птицеводства в зерновых кормах, обогатит рационы необходимыми и дефицитными компонентами питания, окажет благоприятное воздействие на здоровье животных и птицы, способствуя поддержанию необходимого уровня продуктивности, обмена веществ, долголетия и хорошего иммунитета.

Для этого впервые нами были проведены исследования кормовой ценности семян киноа разной селекции, что является актуальной задачей для животноводства и птицеводства как Алтайского региона, так и всей России.

Цель исследований – изучение питательной ценности (общей кормовой питательности, аминокислотного, жирнокислотного и минерального состава) семян киноа разных сортов для сельскохозяйственных животных и птицы.

Методология и методы исследования (Methods)

Настоящее исследование проводили в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» (Барнаул, Россия).

Объектом исследования являлись семена киноа торговых марок Bravolli (сырье произведено в Перу), «Мистраль» (произведено в Эквадоре) и «Большер» (выращено в Подмосковье).

В задачи исследования входили:

- органолептическая оценка представленных семян киноа;
- изучение их общей питательности;
- определение аминокислотного состава белков и жирнокислотного состава семян, а также минеральной питательности киноа.

Основными источниками для определения наличия примесей являлись ГОСТ 26312.4-84 и ГОСТ 30483-97. Минеральный состав семян киноа определяли при помощи рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного спектрометра Shimadzu EDX-800HSZ (Япония).

Химический анализ семян киноа проводили в лабораториях ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ ВНИИЗЖ), Алтайская испытательная лаборатория (ФИЛ ФГБУ ВНИИЗЖ), ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (ФГБНУ ФАНЦА, Барнаул) и ФГБУ «Центральная научно-производственная ветеринарная радиологическая лаборатория» (ФГБУ ЦНПВРЛ, Барнаул) по стандартным методикам.

Результаты (Results)

Первоначально была проведена органолептическая оценка семян киноа, по результатам которой установлено, что они были преимущественно конической, эллипсовидной или сферической формы и состояли из двух долей. Как указывают исследователи [16], именно оболочка имеет в своем составе сапонины, придающие зерну горький вкус. Все зерно было свежее, нормально вызревшее, отдельные зерна имели гладкую и блестящую поверхность (рис. 1), цвет большинства зерен всех марок был неоднородно-желтый разной интенсивности до светло-коричневого, а в составе семян марки «Мистраль» встречались семена темно-коричневого и почти черного цвета в количестве до 40 %, что является признаком принадлежности семян к разным расам киноа.

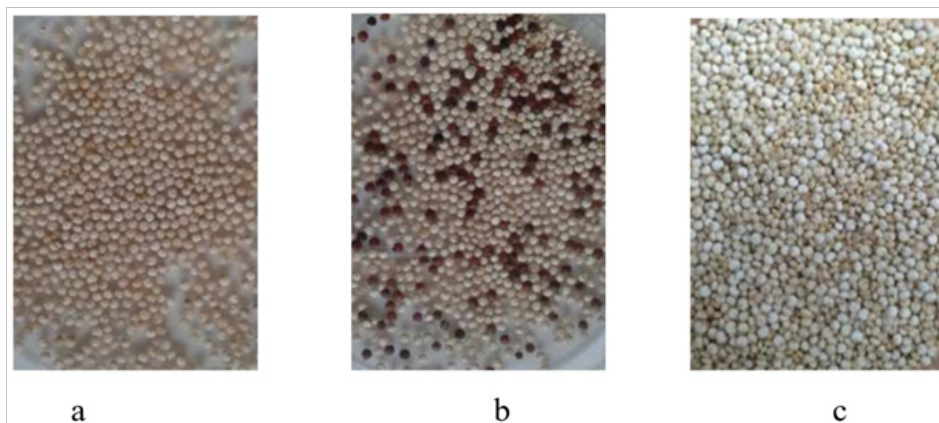


Рис. 1. Образцы семян киноа Bravolli (a), Мистраль (b) и Большер (c)
Fig. 1. Quinoa seed samples Bravolli (a), Mistral (b) and Bolsner (c)

Таблица 1

Наличие примесей в исследуемых образцах киноа

Показатель	Требования НТД	Торговая марка		
		Bravolli	Мистраль	Большер
Сорная примесь	Не более 0,01 %	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Органические примеси (частицы стеблей, цветковые пленки)	Не более 0,05 %	0,02	0,04	0,02
Минеральная примесь	Не более 0,05 %	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Металломагнитные примеси	Не более 3 мг на 1 кг продукта	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Зараженность вредителями	Недопустимо	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Обозначение градации	–	Обрушенный	Полуобрушенный	Обрушенный

Table 1

Presence of impurities in the studied quinoa samples

Indicator	Requirements of the regulatory and technical documentation	Trademark		
		Bravolli	Mistral	Bolsner
Weed impurity	No more 0.01 %	Not found	Not found	Not found
Organic impurities (stem particles, flower films)	No more 0.05 %	0.02	0.04	0.02
Mineral impurity	No more 0.05 %	Not found	Not found	Not found
Metallomagnetic impurities	No more 3 mg per 1 kg of product	Not found	Not found	Not found
Pest infestation	Not allowed	Not found	Not found	Not found
Gradation designation	–	Collapsed	Half-collapsed	Collapsed

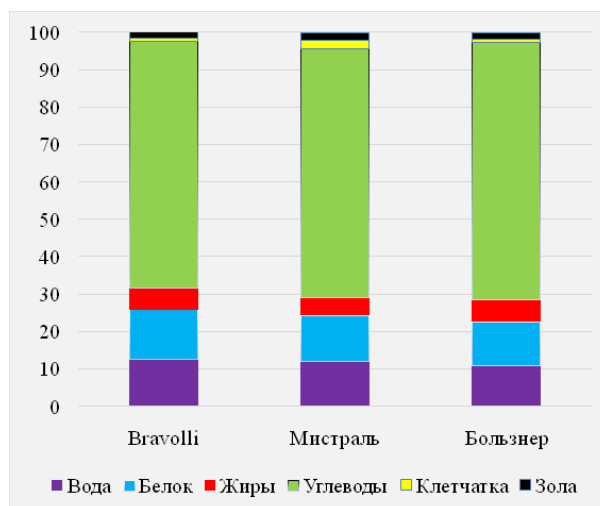


Рис. 2. Общая питательность семян киноа, г / 100 г

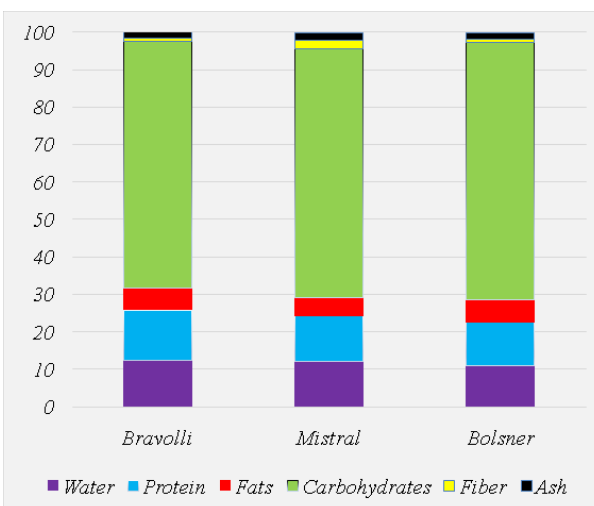


Fig. 2. Total nutritional value of quinoa seeds, g / 100 g

Затхлость и плесневелый запах у семян отсутствовали во всех образцах, однако присутствовал легкий специфический аромат сапонинов, вкус немного островатый, мучнистый, не кислый и не горький, несмотря на наличие некоторой части необрушенных семян.

Присутствие эписперма (наружной части), по мнению некоторых исследователей [17], придает киноа горьковатый привкус и даже токсичность, тем самым ограничивая распространение его для питания человека и кормления животных. Однако

сапонины удаляются механическим способом – обрушением, или шелушением с последующей промывкой, или вымачиванием в воде в течение нескольких часов [18; 19].

Проведенный нами органолептический анализ необрущенного зерна киноа не выявил повышенной горечи, и на вкусовые характеристики наличие оболочки на отдельных зернах не повлияло. Все образцы киноа без термообработки имели приятный, слегка уловимый ореховый аромат с примесью свежей травы.

Важнейшим условием, предъявляемым к зерновым, используемым в кормлении, является их безопасность для жизни и продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. Для этого образцы киноа были исследованы на наличие примесей (таблица 1)

Исследование показало, что изученные образцы зерна киноа не имели сорных, минеральных и металломагнитных примесей и не были повреждены вредителями. По степени обработанности семена киноа Bravolli и «Большер» были отнесены к обрубленным ввиду отсутствия в составе семян с наружными пленками, а «Мистраль» – к полубрубленным.

Основными показателями кормовой ценности растений является его питательность, отраженная на рис. 2.

Как указывают исследователи [20], в зависимости от места произрастания и сорта киноа может содержать от 12 до 22 % белков. Нашими исследованиями установлено, что содержание белка находилось на уровне 11,7–13,4 %, что меньше, чем у бобовых, однако превышает данный показатель у зерновых злаковых, например пшеницы (в среднем 11,8 %).

По общему количеству углеводов, в том числе крахмала (51–60 %), киноа уступает злаковым, но превосходит бобовые (66,0–68,7 против 63,0–64,0 % в среднем в горохе) [21–23].

Особенно следует отметить повышенное содержание жиров (4,9–5,9 %), по уровню которых киноа превосходит и зерновые злаковые (в пшенице в среднем 2,3–2,5) и бобовые (в горохе в среднем 1,15–1,18 %). В сравнении с другими зерновыми киноа содержали больше зольных веществ (1,9–2,3 %).

Полноценность белкового питания животных и сельскохозяйственной птицы обусловлена не только общим содержанием белков, но и его аминокислотным составом, а именно содержанием и соотношением заменимых и незаменимых аминокислот, приведенный в таблице 2, из которой следует, что по уровню валина, лизина и треонина все образцы киноа превосходили основные зерновые, за исключением гороха. Семена «Мистраль» превосходили Bravolli по аспарагиновой кислоте на 2,7 %, по глицину – в 2,7 раза.

Киноа марки Bravolli превосходило по уровню незаменимых аминокислот киноа «Мистраль» на 2,5 %, в том числе по изолейцину на 18,2 %, треонину – на 5,5 %, фенилаланину – на 10,8 %. По таким незаменимым аминокислотам, как валин, лейцин и лизин, преимущество над киноа Bravolli у Мистраль – на 1,5 %, 3,7 % и 7,7 %, соответственно.

Киноа марки «Большер» занимало промежуточное положение по большинству показателей. Однако следует отметить, что семена этого вида имели

почти в полтора раза больше по сумме содержание большинства незаменимых и части заменимых аминокислот и меньше остальных аминокислот, полученных расчетным способом, что, вероятно, обусловлено видом семян и наличием частично не обрубленных семян в третьем образце. Это подтверждают исследования отдельных авторов [24], которые отмечают значительную разницу в составе, переваримости и биодоступности аминокислот в зависимости от места произрастания, сорта или расы, глубины и способа обработки семян.

Также нами установлено отсутствие в семенах киноа такой незаменимой аминокислоты, как триптофан, что является недостатком при кормлении животных и птицы, однако расходится с данными К. Л. С. Бустинса [25], которая определила содержание в семенах этой аминокислоты на уровне 650 мг / 100 г.

Основными лимитирующими аминокислотами по аминокислотному скору являлись метионин + цистин в киноа Bravolli – 55 %, «Мистраль» – 47 %, тогда как в пшенице и овсе содержание лизина – 46–69 %, треонина – 80–86 %. Зарубежными исследованиями установлены высокая переваримость белка и биодоступность аминокислот киноа [26] микробиотой толстого кишечника, заметно варьирующие в зависимости от места произрастания, сорта и обработки семян, которым они подвергаются. Таким образом, проанализировав аминокислотный состав белков киноа, можно сделать вывод, что он в высокой степени сбалансирован и приближается к составу белков молока, что подтверждают исследования [27].

При анализе протеинового состава следует отметить, что особенностью киноа является отсутствие в белке основного компонента клейковины зерновых – глютена [28]. Для сельскохозяйственных животных и птицы, которые по-разному реагируют на количество и дозировку глютена, основным источником это белка в комбикормах является зерно пшеницы.

Большое значение для жизнедеятельности организма сельскохозяйственных животных и птицы и обеспечения уровня необходимой продуктивности играет содержание жирных кислот, особенно полиненасыщенной группы (таблица 3).

Как показывают полученные нами данные, подтверждаемые другими исследованиями, киноа является хорошим источником общего количества жирных кислот, в том числе полиненасыщенных [29], уровень которых кратно превышает их содержание в зерновых бобовых и злаковых, что объясняется природным химическим составом данной псевдозерновой культуры и даже послужило причиной того, что R. Przybylski с соавторами [30] отнесли киноа к масличным культурам.

Таблица 2

Содержание основных аминокислот в белках киноа, г / 100 г киноа

Аминокислота	Торговая марка (вид) киноа					
	Bravolli		Мистраль		Большер	
	г	%	г	%	г	%
Аспарагиновая	0,998	10,41	1,025	11,31	1,040	10,78
Треонин	0,519	5,41	0,492	5,43	0,490	5,08
Серин	0,556	5,80	0,457	5,04	0,530	5,49
Глутаминовая	1,564	16,31	1,559	17,21	1,451	15,04
Пролин	0,35	3,65	0,32	3,53	0,37	3,84
Глицин	0,537	5,60	0,431	4,76	0,510	5,29
Аланин	0,820	8,55	0,797	8,80	0,700	7,26
Валин	0,496	5,17	0,504	5,56	0,580	6,01
Цистин	0,044	0,46	0,037	0,41	0,044	0,46
Метионин	0,149	1,55	0,126	1,39	0,091	0,94
Изолейцин	0,471	4,91	0,398	4,39	0,500	5,18
Лейцин	0,719	7,50	0,747	8,25	0,780	8,09
Тирозин	0,383	3,99	0,259	2,86	0,300	3,11
Фенилаланин	0,363	3,79	0,327	3,61	0,530	5,49
Лизин	0,545	5,68	0,586	6,47	0,530	5,49
Гистидин	0,461	1,68	0,452	1,68	0,480	1,87
Аргинин	0,914	9,53	0,843	9,30	1,02	10,57
Остальные*	3,811	28,44	3,14	25,74	2,054	17,56
Итого	13,4	100	9,06	100	11,7	100

* Получено расчетным путем.

Table 2

Content of essential amino acids in quinoa proteins, g / 100 g of quinoa

Amino acid	Trademark quinoa					
	Bravolli		Mistral		Bolsner	
	g	%	g	%	g	%
Aspartic acid	0.998	10.41	1.025	11.31	1.040	10.78
Threonine	0.519	5.41	0.492	5.43	0.490	5.08
Serin	0.556	5.80	0.457	5.04	0.530	5.49
Glutamic acid	1.564	16.31	1.559	17.21	1.451	15.04
Proline	0.35	3.65	0.32	3.53	0.37	3.84
Glycine	0.537	5.60	0.431	4.76	0.510	5.29
Alanin	0.820	8.55	0.797	8.80	0.700	7.26
Valin	0.496	5.17	0.504	5.56	0.580	6.01
Cystine	0.044	0.46	0.037	0.41	0.044	0.46
Methionine	0.149	1.55	0.126	1.39	0.091	0.94
Isoleucine	0.471	4.91	0.398	4.39	0.500	5.18
Leucine	0.719	7.50	0.747	8.25	0.780	8.09
Tyrosine	0.383	3.99	0.259	2.86	0.300	3.11
Phenylalanine	0.363	3.79	0.327	3.61	0.530	5.49
Lysine	0.545	5.68	0.586	6.47	0.530	5.49
Histidine	0.461	1.68	0.452	1.68	0.480	1.87
Arginine	0.914	9.53	0.843	9.30	1.02	10.57
Others*	3.811	28.44	3.14	25.74	2.054	17.56
Total	13.4	100	9.06	100	11.7	100

* Obtained by calculation.

В зерновых кормах доля насыщенных жирных кислот от общей суммы выделенных кислот составляет в среднем 15,95–27,13 %, тогда как в киноа – только 8,43–14,24 %, остальное занимают незаменимые. Доля полиненасыщенных жирных кислот в

изученных семенах киноа составила от 48 до 53 %, основная доля которых принадлежала линолевой кислоте ($C_{18:2}$) – от 41,95 до 45,35 %, что также подтверждают исследования [31].

Таблица 3

Жирнокислотный состав семян киноа, %

Показатель	Образцы киноа			Горох	Пшеница
	Bravolli	Мистраль	Большер		
Ненасыщенные, в т. ч.	11,55	11,46	11,10	0,25	1,33
Миристиновая (C _{14:0})	< 0,28	< 0,28	< 0,28	следы	0,00
Пальмитиновая (C _{16:0})	9,36	9,52	8,86	0,20	0,32
Стеариновая (C _{18:0})	0,75	0,67	0,77	0,04	0,02
Арахидовая (C _{20:0})	0,47	0,43	0,48	0,01	0,00
Бегеновая (C _{22:0})	0,71	0,57	0,69	0	0,00
Мононенасыщенные, в т. ч.	27,15	26,23	28,52	0,36	0,35
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	< 0,28	< 0,28	< 0,28	–	0,01
Олеиновая (C _{18:1})	24,21	23,41	25,69	0,36	0,34
Гадолеиновая (C _{20:1})	1,42	1,30	1,32	следы	0,00
Эруковая (C _{22:1})	1,24	1,25	1,23	0	0,00
Полиненасыщенные, в т. ч.	52,87	48,07	51,33	1,03	0,98
Линолевая (C _{18:2})	45,34	41,96	43,45	0,91	0,93
Линоленовая (C _{18:3})	7,51	6,13	7,88	0,12	0,05
Прочие	8,43	14,24	9,05	98,36	97,34

Table 3

Fatty acid composition of quinoa seeds, %

Indicator	Quinoa samples			Peas	Wheat
	Bravolli	Mistral	Bolsner		
Unsaturated, incl.	11.55	11.46	11.10	0.25	1.33
Myristic acid (C _{14:0})	< 0.28	< 0.28	< 0.28	traces	0.00
Palmitic acid (C _{16:0})	9.36	9.52	8.86	0.20	0.32
Stearic acid (C _{18:0})	0.75	0.67	0.77	0.04	0.02
Arachidic acid (C _{20:0})	0.47	0.43	0.48	0.01	0.00
Behenic acid (C _{22:0})	0.71	0.57	0.69	0	0.00
Monounsaturated, incl.	27.15	26.23	28.52	0.36	0.35
Palmitoleic acid (C _{16:1})	< 0.28	< 0.28	< 0.28	–	0.01
Oleic acid (C _{18:1})	24.21	23.41	25.69	0.36	0.34
Gadoleic acid (C _{20:1})	1.42	1.30	1.32	traces	0.00
Erucic acid (C _{22:1})	1.24	1.25	1.23	0	0.00
Polyunsaturated, incl.	52.87	48.07	51.33	1.03	0.98
Linoleic acid (C _{18:2})	45.34	41.96	43.45	0.91	0.93
Linolenic acid (C _{18:3})	7.51	6.13	7.88	0.12	0.05
Others	8.43	14.24	9.05	98.36	97.34

Особенностью киноа является наличие в его наборе полиненасыщенных жирных кислот эруковой кислоты в физиологически безопасном количестве (1,24–1,25%), сопоставимом с такими источниками этого соединения, как семена горчицы или грецкого ореха, или в жирах скумбриевых или сельдевых рыб, и отрицательного воздействия на организм животных или человека не оказывает.

Из ненасыщенных жирных кислот больше всего в киноа изученных видов пальмитиновой кислоты (8,87–9,51 %), а из мононенасыщенных – олеиновой (23,40–25,68 %).

Таким образом, с учетом жирнокислотного состава при нормировании киноа сельскохозяйственным животным и птицы, особенно при обеспечении высокоэнергетического питания, необходимо учитывать содержание полиненасыщенных жирных кислот в рационе и лимитирующие нормы по ним

для соответствующих групп. Также с учетом повышенного уровня жирных кислот, особенно полиненасыщенных, следует уделять особое внимание учету сроков производства и хранения комбикормов, в состав которых включено киноа, во избежание прогоркания при переработке.

Минеральное питание является важнейшим элементом выращивания здорового молодняка и получения высокой продуктивности от животных и птицы. Сами по себе зольные вещества не обладают энергетической ценностью, однако они являются важнейшими компонентами для протекания водно-солевого и кислотно-щелочного обменов, ферментативных процессов, отвечают за формирование опорно-двигательной системы молодняка сельскохозяйственных животных и птицы, состояние скорлупы и уровень молочной продуктивности.

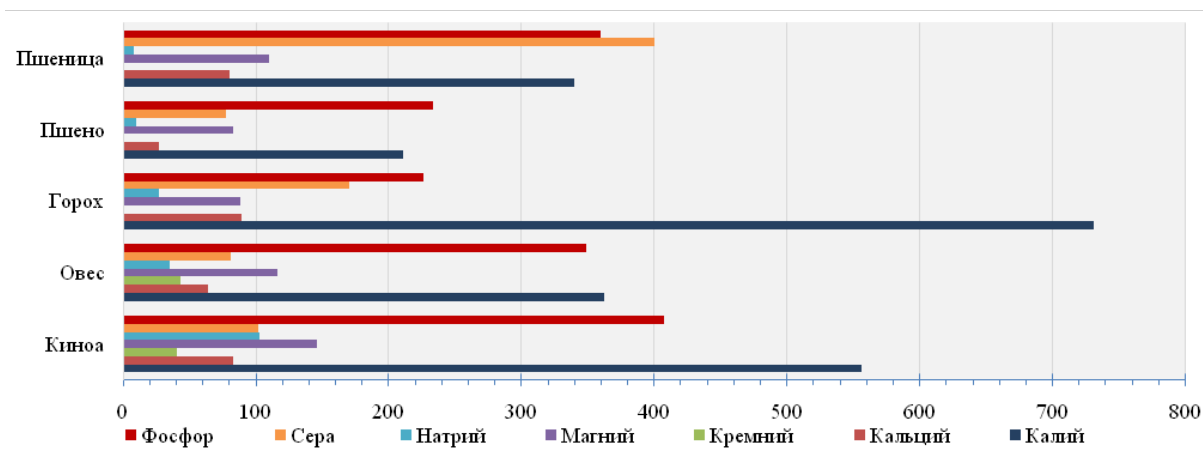


Рис. 3. Содержание макроэлементов в семенах киноа (в среднем по трем образцам) и зерновых культурах (в среднем), мг

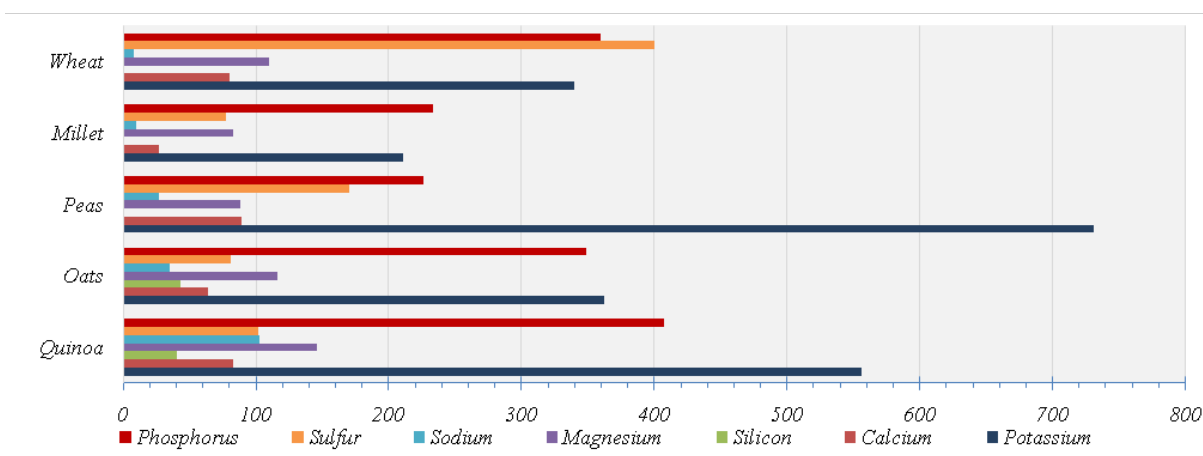


Fig. 3. Macronutrient content in quinoa seeds (average of three samples) and cereals (average), mg

Количество и соотношение минеральных компонентов в семенах киноа изменяется в широких пределах и зависит от почвы, климата, агротехники возделывания и вносимых удобрений, сорта и вида растения и влияет на пищевую ценность и технологические характеристики зерна [32].

Нами была исследована общая зола, под которой подразумевали остаток минеральных веществ, полученных после сжигания в муфеле органических компонентов. По сравнению с зерновыми киноа содержит больше зольных веществ (рис. 3 и 4), в то время как разница между видами киноа была незначительной и составляла в среднем 2,4 %. Определение содержания макро- и микроэлементов в семенах киноа приведено в среднем по трем видам.

Согласно полученным данным, наибольшим в золе было количество калия – 556 мг / 100 г, по содержанию которого киноа уступало только гороху (на 175 мг), а наименьшей была доля кремния – 40,4 мг, по содержанию которого киноа уступало овсу.

По уровню кальция (83 мг / 100 г) и серы (102 мг / 100 г) киноа превосходило все зерновые, за исключением гороха, а по дозировке в золе фос-

фора, магния и особенно натрия заметно превосходило остальные зерновые.

Как показали проведенные исследования микроэлементного состава семян, киноа превосходило остальные зерновые по содержанию стронция (627 мкг / 100 г) как спутника кальция, железа (8600 мкг / 100 г), цинка (3170 мг / 100 г) и меди (592 мг), а по количеству хрома (6,8 мкг / 100 г) киноа также превосходило остальные зерновые, кроме гороха (9,0 мкг / 100 г). Полученная нами динамика распределения макро- и микроэлементов в составе золы подтверждается отечественными и зарубежными исследователями [33–37].

Таким образом, проведенные нами исследования как общей питательности, так и аминокислотного состава белка, наличия и соотношения ненасыщенных жирных кислот жиров и минерального состава свидетельствуют о достаточно перспективном направлении изучения использования киноа в качестве компонента комбикорма для обогащения рационов сельскохозяйственных животных и птицы и оптимизации кормления для обеспечения необходимого уровня продуктивности, поддержания хорошего иммунитета и состояния здоровья.

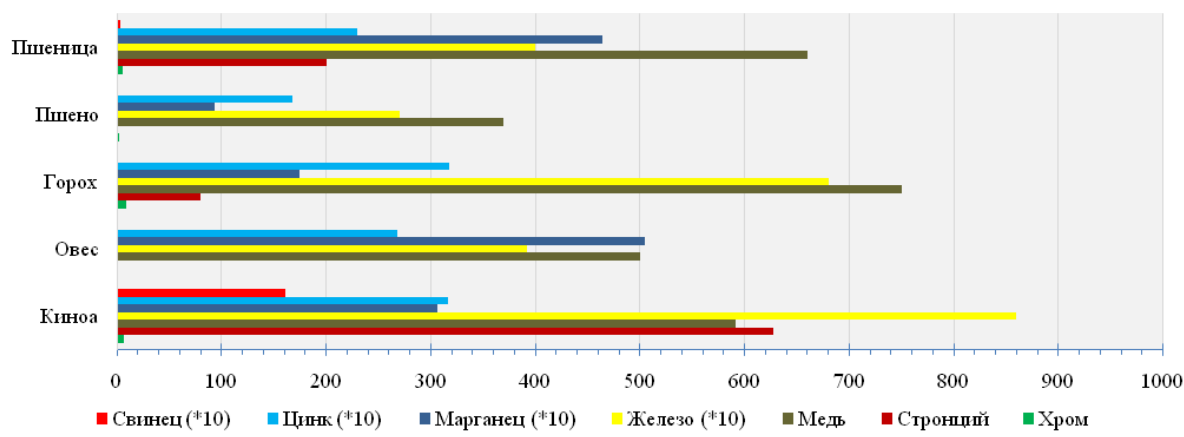


Рис. 4. Содержание макроэлементов в семенах киноа (в среднем по трем образцам) и зерновых культурах (в среднем), мкг

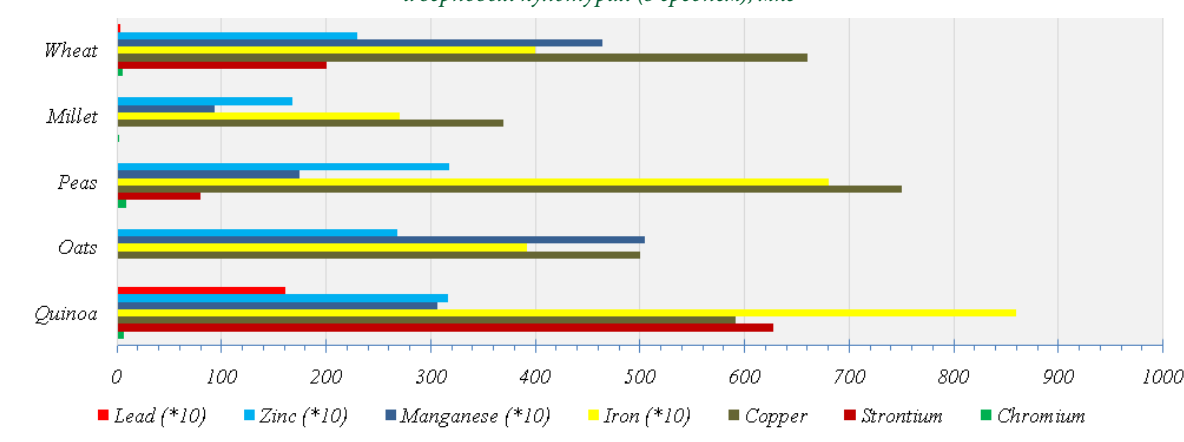


Fig. 4. Macronutrient content of quinoa seeds (average of three samples) and cereals (average), mcg

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Современные промышленные сельскохозяйственные технологии эффективны только при полном обеспечении животных и птицы всем набором необходимых питательных элементов и пищевой безопасностью кормосмеси. Это достигается использованием кормосмесей и комбикормов, компоненты которых обогащают и взаимодополняют друг друга. Ключевым фактором обеспечения высокой продуктивности является также соотношение отдельных элементов питания и наличия в достаточном количестве лимитированных элементов питания – незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, микроэлементов и других биологически активных веществ.

Этим задачам в значительной мере соответствует новая в кормопроизводстве псевдозерновая культура – киноа, которая благодаря уникальным биологическим и питательным свойствам может стать стратегическим ресурсом кормообеспечения при разработке алгоритмов кормления животных и птицы с учетом адаптационных способностей культуры в регионах.

Уникальность культуры киноа не только в ее питательности, но и в соотношении и наличии элементов между собой, а по уровню отдельных ми-

неральных компонентов и витаминов киноа даже превосходит традиционные зерновые [38].

Особенностью протеиновой питательности киноа является высокая переваримость и биодоступность аминокислот. При этом белки зерновых преимущественно образованы заменимыми аминокислотами, за исключением гороха, в то время как киноа имеет очень высокую вариабельность и разнообразие по аминокислотному составу в зависимости от сорта, вида, расы, места и условий произрастания, способа и степени обработки [39].

Общее количество жирных кислот, а также соотношение насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в киноа близки к аналогам традиционных жидких растительных масел. [40].

Отдельно следует отметить разнообразие и богатство минерального состава киноа, подтверждаемое нашими исследованиями, в сравнении с традиционными зерновыми культурами [41], усиливаемого за счет синергического эффекта его компонентов в сочетании с физиологически комфортной концентрацией макро- и микроэлементов.

Резюмируя, можно отметить, что семена киноа по содержанию белков и жиров, а также по их полноценности (аминокислотному (незаменимые

аминокислоты), жирнокислотному (полиненасыщенных жирные кислоты) и минеральному (макро-микроэлементному) составу) превосходят традиционные для кормопроизводства зерновые злаковые культуры, продукты переработки которых составляют основную часть рациона сельскохозяйственных животных и птицы.

Использование киноа позволяет расширить возможности кормообеспечения сельскохозяйственных животных и птицы в соответствии с потребностями и интенсивностью современного сельского хо-

зяйственного производства, когда имеющиеся кормовые ресурсы уже не в полной мере способны обеспечить уровень интенсификации продуктивности и которые не вполне удовлетворяют потребности элементного питания и уровня кормления в промышленном животноводстве и птицеводстве [42].

Полученные результаты являются уникальными и аналогичных исследований химического состава псевдозерновой кормовой культуры киноа для животноводства и птицеводства не обнаружено.

Библиографический список

1. Волкова Н. И., Дыдыкина А. Л., Наконечный А. А., Вязьминов А. О. Влияние компонентов рациона на продуктивность и функциональное состояние коров холмогорской породы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1447–1458. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1447-1458.
2. Казачкова Н. М., Картекинов К. Ш., Дускаев Г. К. Использование биологически активных веществ в кормлении сельскохозяйственной птицы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 08. С. 1037–1044. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-08-1037-1044.
3. Funk I., Vladimirov N., Yashkin A., Pautova L., Gorshkov V. Influence of the probiotic preparation “Plantarum” in the diets of pregnant animals on the growth and development of young animals // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 37. Article number 00143. DOI: 10.1051/bioconf/20213700143.
4. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Statistical Databases [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/> (дата обращения: 16.02.2025).
5. Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Hernández-Ledesma B. Pseudocereal grains: nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods // Food and Chemical Toxicology. 2020. Vol. 137. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111178.
6. Villacrés E., Quelal M., Galarza S., Iza D., Silva E. Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) // Plants. 2022. Vol. 11, No 2. DOI: 10.3390/plants11020213.
7. Щеколдина Т. В. Микробиальная и экологическая безопасность мучных смесей на основе киноа // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9. С. 121–126.
8. Елисеева Л. Г., Жиркова Е. В., Иванова Т. Н., Кокорина Д. С. Изучение биологической ценности крупы киноа различных торговых марок // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 5 (58). С. 81–86.
9. Maughan P. J., Bonifacio A., Coleman C. E., Jellen E. N., Stevens M. R., Fairbanks D. J. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) // Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants. 2007. Vol. 3. 147–158. DOI: 10.1007/978-3-540-34516-9_9.
10. USDA FoodData Central (FDC). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service [Электронный ресурс]. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/> (дата обращения: 16.02.2025).
11. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). Москва: Росинформарпотех, 2020. 680 с.
12. Tang Y.-M., Liu Y.-Z., Zhang Y.-H., Cao Y.-N., Song P.-P., Hou L.-M., Peng L.-X. A comparative analysis of the nutrient and phytochemical richness among different varieties of quinoa in China // Food Science & Nutrition. 2024. Vol. 12, No. 6. Pp. 4473–4485. DOI: 10.1002/fsn3.4113.
13. Pathan S., Eivazi F., Valliyodan B., Paul K., Ndunguru G., Clark K. Nutritional composition of the green leaves of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) // Journal of Food Research. 2019. Vol. 8. Pp. 55–65. DOI: 10.5539/jfr.v8n6p55.
14. Flórez-Martínez D. H., Rodríguez-Cortina J., Chavez-Oliveros L. F., Aguilera-Arango G. A., Morales-Castañeda A. Current trends and prospects in quinoa research: an approach for strategic knowledge areas. // Food Science & Nutrition. 2024. Vol. 12, No. 3. Pp. 1479–1501. DOI: 10.1002/fsn3.3891.
15. Yang X., Fu W., Xiao L., Wei Z., Han L. Nutrition, health benefits, and processing of sand rice (*Agriophyllum squarrosum*): comparisons with quinoa and buckwheat // Food Science & Nutrition. 2024. Vol. 12, No. 10. Pp. 7060–7074. DOI: 10.1002/fsn3.4429.
16. Kongdang P., Dukaew N., Pruksakorn D., Koonrunsesomboon N. Biochemistry of Amaranthus polyphenols and their potential benefits on gut ecosystem: a comprehensive review of the literature // Journal of Ethnopharmacology. 2021. Vol. 281. Article number 114547. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114547.
17. Singh A., Punia D. Characterization and nutritive values of amaranth seeds // Current Journal of Applied Science and Technology. 2020. Vol. 39, No. 3. Pp. 27–33. DOI: 10.9734/cjast/2020/v39i330511.

18. Saponins of *Chenopodium quinoa* // Biopesticides registration action document. U.S. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs Biopesticides and Pollution Prevention Division, 2002. 39 p.
19. Sobota A., Świeca M., Gęsiński K., Wirkijowska A., Bochnak J. Yellow coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – physicochemical, nutritional, and antioxidant properties // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100, No. 5. Pp. 2035–2042. DOI: 10.1002/jsfa.10222.
20. Guo H., Hao Y., Fan X., Richel A., Everaert N., Yang X. et al. Administration with quinoa protein reduces the blood pressure in spontaneously hypertensive rats and modifies the fecal microbiota // *Nutrients*. 2021. Vol. 13. Pp. 2446. DOI: 10.3390/nu13072446.
21. Zhu F. Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: a review of chemical structure, biological functions and food uses // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 248. Article number 116819. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116819.
22. Cao Y., Zou L., Li W., Song Y., Zhao G., Hu Y. Dietary quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) polysaccharides ameliorate high-fat diet induced hyperlipidemia and modulate gut microbiota // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 163. Pp. 55–65. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.241.
23. Zeyneb H., Pei H., Cao X., Wang Y., Win Y., Gong L. In vitro study of the effect of quinoa and quinoa polysaccharides on human gut micro biota // *Food Science & Nutrition*. 2021. Vol. 9, No. 8. Pp. 5735–5745. DOI: 10.1002/fsn3.2540.
24. Fotschki B., Juśkiewicz J., Jurgoński A., Amarowicz R., Opyd P., Bez J. et al. Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favourably affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats // *Nutrients*. 2020. Vol. 12, No. 9. Article number 2781. DOI: 10.3390/nu12092781.
25. Бустинса К. Л. С. Биохимическая характеристика культуры кинуа (*Chenopodium quinoa* Willd.) и ее промышленное использование: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2000. 23 с.
26. Duncan S. H., Iyer A., Russell W. R. Impact of protein on the composition and metabolism of the human gut microbiota and health // *Proceedings of the Nutrition Society*. 2021. Vol. 80, No. 2. Pp. 173–185. DOI: 10.1017/S0029665120008022.
27. Zhang S., Hu J., Sun Y., Ji H., Liu F., Peng X. et al. In vitro digestion of eight types of wholegrains and their dietary recommendations for different populations // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 370. Article number 131069. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131069.
28. Yang Y., Fukui R., Jia H., Kato H. Amaranth supplementation improves hepatic lipid dysmetabolism and modulates gut microbiota in mice fed a high-fat diet // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 6. Article number 1259. DOI: 10.3390/foods10061259.
29. James L. E. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties // *Advances in Food and Nutrition Research*. 2009. Vol. 58. DOI: 10.1016/S1043-4526(09)58001-1.
30. Przybylski R., Chauhan G. S., Eskin N. A. M. Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids // *Food Chemistry*. 1994. No. 51. Pp. 187–192. DOI: 10.1016/0308-8146(94)90255-0.
31. Overby H. B., Ferguson J. F. Gut microbiota-derived short-chain fatty acids facilitate microbiota: host cross talk and modulate obesity and hypertension // *Current Hypertension Reports*. 2021. Vol. 23, No. 8. DOI: 10.1007/s11906-020-01125-2.
32. Маркова Ю. М., Сидорова Ю. С. Зерновые продукты из амаранта, киноа и гречихи: роль в питании человека и поддержании кишечного микробиома [Электронный ресурс] // *Вопросы питания*. 2022. № 6 (544). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zernovye-produkty-iz-amaranta-kinoa-i-grechih-rol-v-pitanii-cheloveka-i-podderzhanii-kishechnogo-mikrobioma> (дата обращения: 24.03.2025).
33. Сидорова Ю. С., Петров Н. А., Шипелин В. А., Мазо В. К. Шпинат и киноа – перспективные пищевые источники биологически активных веществ // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, № 2. С. 100–106. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10020.
34. Gaikwad K. K., Pawar V. S., Shingote A. B. and Shinde E. M. Studies physico-chemical properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) seed // *The Pharma Innovation Journal*. 2021. Vol. 10, No. 6. Pp. 642–645.
35. Mu H., Xue S., Sun Q., et. al. Research progress of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.): nutritional components, technological treatment, and application // *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 10. Article number 2087. DOI: 10.3390/foods12102087.
36. Chen X., Zhang Y. Y., Cao B. E., et. al. Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed varieties // *Food Chemistry*. 2023. Vol. 19. Article number 100808. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.100808.
37. Raj P., Paliwal A. Quinoa's (*Chenopodium quinoa* Willd.) nutraceutical properties and traditional lore // *Environment and Ecology*. 2024. Vol. 42, No. 4A. Pp. 1670–1676. DOI: 10.60151/envec/MUIP3692.
38. Почипкая И. М. Анализ химического состава крупы киноа // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2025. Т. 18, № 1. С. 58–64.

39. Gonzalez J. A. Konishi Y., Bruno M. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. Vol. 92. Pp. 1222–1229. DOI: 10.1002/jsfa.4686.

40. Wu T., Gao Y., Hao J., Yin J., Li W., Geng J., et al. Lycopene, amaranth, and sorghum red pigments counteract obesity and modulate the gut microbiota in high-fat diet fed C57BL/6 mice // *Journal of Functional Foods*. 2019. Vol. 60. Article number 103437. DOI: 10.1016/j.jff.2019.103437.

41. Ciudad-Mulero M., Fernández-Ruiz V., Matallana-González M.C., Morales P. Dietary fiber sources and human benefits: the case study of cereal and pseudocereals // *Advances in Food and Nutrition Research*. 2019. Vol. 90. Pp. 83–134. DOI: 10.1016/bs.afnr.2019.02.002.

42. Исмагова Ш. Н., Исабаев И. Б., Эргашева Х. Б. Альтернативные источники сырья для производства комбикормовой продукции [Электронный ресурс] // *Universum: Технические науки: электронный научный журнал*. 2019. № 12 (69). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/8580> (дата обращения: 24.03.2025).

Об авторе:

Виталий Викторович Горшков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства биолого-технологического факультета, Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия; ORCID 0000-0003-3407-0552, AuthorID 301993. E-mail: vita-gorshkov@yandex.ru

References

1. Volkova N. I., Dydykina A. L., Nakonechnyy A. A., Vyazminov A. O. The influence of diet components on the productivity and functional condition of Kholmogory cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1447–1458. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1447-1458. (In Russ.)

2. Kazachkova N. M., Kartekenov K. Sh., Duskaev G. K. The use of biologically active substances in feeding poultry: review. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (08): 1037–1044. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-08-1037-1044>. (In Russ.)

3. Funk I., Vladimirov N., Yashkin A., Pautova L., Gorshkov V. Influence of the probiotic preparation “Plantarum” in the diets of pregnant animals on the growth and development of young animals. *BIO Web of Conferences*. 2021; 37: 00143. DOI: 10.1051/bioconf/20213700143.

4. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Statistical Databases [Internet] [cited 2025 Feb 16]. Available from: <https://www.fao.org/faostat>.

5. Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Hernández-Ledesma B. Pseudocereal grains: nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 137. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111178.

6. Villacrés E., Quelal M., Galarza S., Iza D., Silva E. Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*. 2022; 11 (2). DOI: 10.3390/plants11020213.

7. Shchelkoldina T. V. Microbial and environmental safety of quinoa-based flour mixtures. *Bulletin of KrasSAU*. 2019; 9: 121–126. (In Russ.)

8. Eliseeva L. G., Zhirkova E. V., Ivanova T. N., Kokorina D. S. Studying the biological value of the crops of a movie of various trademarks. *Technology and Commodity Science of Innovative Food Products*. 2019; 5 (58): 81–86. (In Russ.)

9. Maughan P. J., Bonifacio A., Coleman C. E., Jellen E. N., Stevens M. R., Fairbanks D. J. Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*. 2007; 3: 147–158. DOI: 10.1007/978-3-540-34516-9_9.

10. *USDA FoodData Central (FDC)*. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service [Internet] [cited 2025 Feb 16]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov>.

11. *State Register of Breeding Achievements Approved for Use*. Vol. 1. Plant Varieties (Official Publication). Moscow: Rosinformagrotech, 2020. 680 p.

12. Tang Y.-M., Liu Y.-Z., Zhang Y.-H., Cao Y.-N., Song P.-P., Hou L.-M., Peng L.-X. A comparative analysis of the nutrient and phytochemical richness among different varieties of quinoa in China. *Food Science & Nutrition*. 2024; 12 (6): 4473–4485. DOI: 10.1002/fsn3.4113.

13. Pathan S., Eivazi F., Valliyodan B., Paul K., Ndunguru G., Clark K. Nutritional composition of the green leaves of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Research*. 2019; 8: 55–65. DOI: 10.5539/jfr.v8n6p55.

14. Flórez-Martínez D. H., Rodríguez-Cortina J., Chavez-Oliveros L. F., Aguilera-Arango G. A., Morales-Castañeda A. Current trends and prospects in quinoa research: an approach for strategic knowledge areas. *Food Science & Nutrition*. 2024; 12 (3): 1479–1501. DOI: 10.1002/fsn3.3891.

15. Yang X., Fu W., Xiao L., Wei Z., Han L. Nutrition, health benefits, and processing of sand rice (*Agriophyllum squarrosum*): comparisons with quinoa and buckwheat. *Food Science & Nutrition*. 2024; 12 (10): 7060–7074. DOI: 10.1002/fsn3.4429.
16. Kongdang P., Dukaew N., Pruksakorn D., Koonrunsesomboon N. Biochemistry of Amaranthus polyphenols and their potential benefits on gut ecosystem: A comprehensive review of the literature. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021; 281 (5): 114547. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114547.
17. Singh A., Punia D. Characterization and nutritive values of amaranth seeds. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2020; 39 (3): 27–33. DOI: 10.9734/cjast/2020/v39i330511.
18. *Saponins of Chenopodium quinoa. Biopesticides registration action document*. U. S. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs Biopesticides and Pollution Prevention Division, 2002. 39 p.
19. Sobota A., Świeca M., Gęsiński K., Wirkijowska A., Bochnak J. Yellow-coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – physicochemical, nutritional, and antioxidant properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020; 100 (5): 2035–2042. DOI: 10.1002/jsfa.10222.
20. Guo H., Hao Y., Fan X., Richel A., Everaert N., Yang X. and Ren G. Administration with quinoa protein reduces the blood pressure in spontaneously hypertensive rats and modifies the fecal microbiota. *Nutrients*. 2021; 13: 2446. DOI: 10.3390/nu13072446.
21. Zhu F. Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses. *Carbohydrate Polymers*. 2020; 248: 116819. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116819.
22. Cao Y., Zou L., Li W., Song Y., Zhao G., Hu Y. Dietary quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) polysaccharides ameliorate high-fat diet induced hyperlipidemia and modulate gut microbiota. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020; 163 (9): 55–65. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.241.
23. Zeyneb H., Pei H., Cao X., Wang Y., Win Y., Gong L. In vitro study of the effect of quinoa and quinoa polysaccharides on human gut microbiota. *Food Science & Nutrition*. 2021; 9 (8): 5735–5745. DOI: 10.1002/fsn3.2540.
24. Fotschki B., Juśkiewicz J., Jurgoński A., Amarowicz R., Opyd P., Bez J., et al. Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favorably affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats. *Nutrients*. 2020; 12 (9): 2781. DOI: 10.3390/nu12092781.
25. Bustinsa K. L. S. *Biochemical characteristics of the quinoa crop (Chenopodium quinoa Willd.) and its industrial use*: author's abstract. dis. ... candidate of technical sciences. Moscow, 2000. 23 p.
26. Duncan S. H., Iyer A., Russell W. R. Impact of protein on the composition and metabolism of the human gut microbiota and health. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2021; 80 (2): 173–185. DOI: 10.1017/S0029665120008022.
27. Zhang S., Hu J., Sun Y., Ji H., Liu F., Peng X., Zhong Y., Geng F., Nie Sh. In vitro digestion of eight types of wholegrains and their dietary recommendations for different populations. *Food Chemistry*. 2022; 370: 131069. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131069.
28. Yang Y., Fukui R., Jia H., Kato H. Amaranth supplementation improves hepatic lipid dysmetabolism and modulates gut microbiota in mice fed a high-fat diet. *Foods*. 2021; 10 (6): 1259. DOI: 10.3390/foods10061259.
29. James L. E. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2009; 58. DOI: 10.1016/S1043-4526(09)58001-1.
30. Przybylski R., Chauhan G. S., Eskin N. A. M. Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids. *Food Chemistry*. 1994; 51: 187–192. DOI: 10.1016/0308-8146(94)90255-0.
31. Overby H. B., Ferguson J. F. Gut microbiota-derived short-chain fatty acids facilitate microbiota: host cross talk and modulate obesity and hypertension. *Current Hypertension Reports*. 2021; 23 (8). DOI: 10.1007/s11906-020-01125-2.
32. Markova Yu. M., Sidorova Yu. S. Cereal products from amaranth, quinoa and buckwheat: role in human nutrition and maintenance of the intestinal microbiome. *Questions of Nutrition* [Internet]. 2022 [cited 2025 Mar 24]; 6 (544). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/zernovye-produkty-iz-amaranta-kinoa-i-grechihrol-v-pitanii-cheloveka-i-podderzhanii-kishechnogo-mikrobioma>. (In Russ.)
33. Sidorova Yu. S., Petrov N. A., Shipelin V. A., Mazo V. K. Spinach and quinoa – prospective food sources of biologically active substances. *Problems of Nutrition*. 2020; 89 (2): 100–106. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10020. (In Russ.)
34. Gaikwad K. K., Pawar V. S., Shingote A. B. and Shinde E. M. Studies physico-chemical properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) seed. *The Pharma Innovation Journal*. 2021; 10 (6): 642–645.
35. Mu H., Xue S., Sun Q., Shi J., Zhang D., Wang D., Wei J. Research progress of Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.): nutritional components, technological treatment, and application. *Foods*. 2023; 12 (10): 2087. DOI: 10.3390/foods12102087.

36. Chen X., Zhang Y., Cao B., Wei X., Shen X., Su N. Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed varieties. *Food Chemistry: X*. 2023; 19: 100808. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100808.
37. Raj P., Paliwal A. Quinoa's (*Chenopodium quinoa* Willd.) nutraceutical properties and traditional lore. *Environment and Ecology*. 2024. 42 (4A): 1670–1676. DOI: 10.60151/envec/MUIP3692.
38. Pochitskaya I. M. Analysis of the chemical composition of quinoa cereals. *Food industry: Science and technology*. 2025; 18 (1): 58–64.
39. Gonzalez J. A. Konishi Y., Bruno M. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012; 92: 1222–1229. DOI: 10.1002/jsfa.4686.
40. Wu T., Gao Y., Hao J., Yin J., Li W., Geng J., Liu R., Sui W., Zhang M. Lycopene, amaranth, and sorghum red pigments counteract obesity and modulate the gut microbiota in high-fat diet fed C57BL/6 mice. *Journal of Functional Foods*. 2019; 60: 103437. DOI: 10.1016/j.jff.2019.103437.
41. Ciudad-Mulero M., Fernández-Ruiz V., Matallana-González M.C., Morales P. Dietary fiber sources and human benefits: the case study of cereal and pseudocereals. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2019; 90: 83–134. DOI: 10.1016/bs.afnr.2019.02.002.
42. Ismatova Sh. N., Isabaev I. B., Ergasheva H. B. Alternative sources of raw materials for the production of compound feed products. *Universum: Technical Sciences: Electronic Scientific Journal* [Internet]. 2019 [cited 2025 Mar 24]; 12 (69). Available from: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/8580>.

Author's information:

Vitaliy V. Gorshkov, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of production and processing technology of livestock products at the faculty of biology and technology, Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia; ORCID 0000-0003-3407-0552, AuthorID 301993. E-mail: vita-gorshkov@yandex.ru