

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ /  
INNOVATIVE DEVELOPMENTS

Научная статья / *Original article*

УДК 636.5.084/087

DOI: 10.31208/2618-7353-2023-21-9-21

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСТРУДИРОВАННОГО  
ЗЕРНА АМАРАНТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЯИЦ,  
АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС И ЛИПИДНЫЙ ПРОФИЛЬ  
ХОЛЕСТЕРИНА КРОВИ И ЖЕЛТКА ЯИЦ КУР-НЕСУШЕК**

***THE EFFECTIVENESS OF THE IMPACT OF EXTRUDED  
AMARANTH GRAIN ON PRODUCTIVITY, EGG QUALITY,  
ANTIOXIDANT STATUS AND LIPID PROFILE  
OF BLOOD AND YOLK CHOLESTEROL OF LAYER EGGS***

**Марина И. Сложенкина**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

**Иван Ф. Горлов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

**Зоя Б. Комарова**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

**Алиса В. Рудковская**, кандидат биологических наук

**Наталья В. Калинина**, кандидат биологических наук

**Евгения А. Струк**, кандидат биологических наук

*Marina I. Slozhenkina, Dr. Sci. (Biology), Professor, Correspondent Member of RAS*

*Ivan F. Gorlov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of RAS*

*Zoya B. Komarova, Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor*

*Alisa V. Rudkovskaya, PhD (Biology)*

*Natalya V. Kalinina, PhD (Biology)*

*Evgenia A. Struk, PhD (Biology)*

Поволжский научно-исследовательский институт производства  
и переработки мясомолочной продукции, Волгоград

*Volga Region Research Institute of Manufacture  
and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia*

**Контактное лицо:** Калинина Наталья Васильевна, лаборант-исследователь, отдел производства продукции животноводства, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6;  
e-mail: Ladyn0910@mail.ru; тел.: 8 (8442) 39-13-24; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2094-6154>.

**Для цитирования:** Сложенкина М.И., Горлов И.Ф., Комарова З.Б., Рудковская А.В., Калинина Н.В., Струк Е.А. Эффективность воздействия экструдированного зерна амаранта на продуктивность, качество яиц, антиоксидантный статус и липидный профиль холестерина крови и желтка яиц кур-несушек // Аграрно-пищевые инновации. 2023. Т. 21, № 1. С. 9-21. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2023-21-9-21>.

**Principal contact:** Natalya V. Kalinina, Research Lab Assistant, Livestock Production Department, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation;  
e-mail: Ladyn0910@mail.ru; tel.: +7 (8442) 39-13-24; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2094-6154>.

**For citation:** Slozhenkina M.I., Gorlov I.F., Komarova Z.B., Rudkovskaya A.V., Kalinina N.V., Struk E.A. Efficiency of the effect of extruded amaranth grain on productivity, egg quality, antioxidant status and lipid profile of blood cholesterol and egg yolk of laying hens. *Agrarno-pishchevye innovacii = Agrarian-and-food innovations*. 2023;21(1):9-21. (In Russ.). <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2023-21-9-21>.

## Резюме

**Цель.** Установить воздействие экструдированного зерна амаранта (*Amaranthus hybridus chlorostachys*) с добавлением комплекса ферментов на яичную продуктивность, качество пищевых яиц, включая наличие холестерина в желтке, уровень антиоксидантного статуса кур-несушек.

**Материалы и методы.** При выполнении работы использовались как общепринятые методы исследований, так и современные инструментальные, зоотехнические, биохимические, химические, которые выполнялись в сертифицированных лабораториях. Полученный цифровой материал обрабатывали с помощью статистического пакета Microsoft Excel, достоверность данных проверяли с помощью критерия Стьюдента.

**Результаты.** Амарант, как ценный источник питательных веществ, обладает благоприятным потенциалом для удовлетворения требований к питанию птицы. Согласно полученным данным, скармливание курам-несушкам амаранта как отдельно, так и в сочетании с мультиэнзимным комплексом может привести к получению пищевых яиц с низким содержанием холестерина без какого-либо негативного влияния на их качественные показатели. Параллельно улучшается антиоксидантный статус и индекс атерогенности (ЛПНП/ЛПВП) птиц. Кроме того, подкормка амаранта с ферментными добавками привела к повышению продуктивности кур-несушек.

**Заключение.** В целом результаты нашего исследования показывают, что кормление зерном амаранта благоприятно влияет на параметры здоровья кур-несушек, улучшая антиоксидантный статус, а также снижая уровень холестерина, ЛПНП и триглицеридов при одновременном повышении уровня ЛПВП в крови. Следует отметить, что показатели продуктивности и качества яиц улучшаются при включении в рацион, содержащий зерна амаранта, мультиферментного комплекса в дозе 250 г/т корма. Высокое содержание сырого протеина в зерне амаранта и присутствие в нем веществ, обладающих антиоксидантной активностью, позволяют использовать его в качестве кормового средства в промышленном птицеводстве. Известно, что холестерин яичного желтка яиц определяет пищевую ценность продукта. Нашими исследованиями доказана положительная динамика снижения уровня холестерина: при использовании в составе комбикорма 10% экструдированного зерна амаранта – на 6,87%, а с дополнительным включением ферментного комплекса – на 9,86%.

**Ключевые слова:** зерно амаранта, мультиэнзимная композиция, общая антиоксидантная способность, липиды крови, холестерин желтка яиц

## Abstract

**Purpose.** To establish the effect of extruded amaranth grain (*Amaranthus hybridus chlorostachys*) with the addition of a complex of enzymes on egg productivity, the quality of food eggs, including the presence of cholesterol in the yolk, and the level of antioxidant status of laying hens.

**Materials and Methods.** When performing the work, both conventional research methods and modern instrumental, zootechnical, biochemical, and chemical methods were used, which were carried out in certified laboratories. The resulting digital material was processed using the Microsoft Excel statistical package, the reliability of the data was checked using the Student's t-test.

**Results.** Amaranth, as a valuable source of nutrients, has the potential to meet the nutritional requirements of poultry. According to the data obtained, feeding amaranth to laying hens, either alone or in combination with a multi-enzyme complex, can lead to the production of food eggs with a low cholesterol content without any negative impact on their quality. In parallel, the antioxidant status and the atherogenic index (LDL/HDL) of birds are improving. In addition, feeding amaranth with enzyme supplements led to an increase in the productivity of laying hens.

**Conclusion.** *In general, the results of our study show that feeding amaranth grain favorably affects the health parameters of laying hens by improving antioxidant status, as well as lowering cholesterol, LDL and triglycerides, while increasing blood HDL levels. It should be noted that the indicators of productivity and quality of eggs improve when a multi-enzyme complex is included in the diet containing amaranth grains at a dose of 250 g/t of feed. The high content of crude protein in amaranth grain and the presence in it of substances with antioxidant activity make it possible to use it as a feed agent in industrial poultry farming. It is known that egg yolk cholesterol determines the nutritional value of the product. Our studies have proven a positive trend in lowering cholesterol levels: when using 10% extruded amaranth grain in the compound feed – by 6.87%, and with the additional inclusion of an enzyme complex – by 9.86%.*

**Keywords:** *amaranth grain, multi-enzyme composition, total antioxidant capacity, blood lipids, egg yolk cholesterol*

**Введение.** Затрагивая вопрос продовольственной безопасности и экономической стабильности аграриев, следует обратиться к возрождению выращивания и использования забытых, редко используемых съедобных культур, способных выступать в качестве альтернативы нынешним активно используемым растительным культурам в пище и фармакологии. Опираясь на данные Всемирной организации здравоохранения (2018), можно сделать вывод, что некоторые редко применяемые агрокультуры несут в себе не только пищевую ценность, но также и экономическую выгоду, являясь продуктом с низкой себестоимостью и высокими экологическими показателями. К ним можно отнести амарант, обладающий высоким потенциалом использования как в производственных масштабах, так и в частных фермерских хозяйствах, для обеспечения сельскохозяйственных животных и птицы питательными и биологически активными веществами (Aderibigbe OR et al., 2022). Внимание ученых эта культура начала привлекать в начале XX-го века и интерес к ней не иссякает. Необходимо отметить, что селекционерами выведено около 75 видов амаранта с богатыми питательными свойствами, необходимыми в питании как человека, так и птицы (Шор М.Ф. и Жужукин В.И., 2012; Peiretti PG, 2018; Shodiev D et al., 2021).

К зернопроизводящим видам амаранта можно отнести *Amaranthus cruentus*, *A. caudatus*, *A. hybridus* и *A. hypochondriacus* (Cai Y, 2004). *A. hypochondriacus* является естественным гибридом *A. hybridus* × *A. caudatus* (Trucco F and Tranel PJ, 2011; Shodiev D et al., 2021).

Содержание белка в зерне амаранта составляет от 14 до 17%. Благодаря научным исследованиям в сравнительном аспекте биологической ценности белка было установлено, что амарант по данному показателю превосходит коровье молоко, но при этом не достигает уровня яичного белка. Опираясь на данные и рекомендации ВОЗ, амарант относится к высокообогащенной многими питательными веществами съедобной культуре (Caselato-Sousa VM and Amaya-Farfán J, 2012). Наличие ряда наиболее востребованных аминокислот, таких как лизин, метионин и аргинин, в несколько раз превышает бобовые и злаковые культуры, а отсутствие в его составе глютена делает его идеальным компонентом при изготовлении диетической продукции (Acar N et al., 1988; Maurya NK and Arya P., 2018; Aderibigbe OR et al., 2022). Alegbejo JO (2013), Гинс М.С. и др. (2017) подтвердили наличие в зерне амаранта антиоксидантов (сквален – 8%, фосфолипиды – 10%, токоферолы – 2% и фитостеролы – 2%). В работах многих авторов фиксируется наличие непищевых соединений в зерне амаранта (Reyes MF et al., 2018; Sarker U et al., 2022; Janmohammadi H et al., 2023), причем содержание их в зерне амаранта находится на более низком уровне в сравнении со злаковыми культурами (Mustafa AF et al., 2011; Cuadrado C et al., 2018).

Включая в рацион птицы редко используемые съедобные культуры, такие как амарант, высока вероятность уйти или частично заменить привычные злаковые культуры и в действительности оптимизировать продуктивность птицы и ее иммунный статус, а также получить на выходе пищевые яйца с низким содержанием холестерина. Исходя из этого, можно предположить, что культивируемые сорта амаранта, производящие зерно, могут стать одним из источников в решении продовольственной безопасности при одновременном улучшении качества пищевых яиц (Mendonça S et al., 2009; Tang Y and Tsao R, 2017).

Скармливание амаранта в количестве 250 г/кг в сыром или переработанном виде курам-несушкам может эффективно привести к снижению содержания триглицеридов и холестерина в желтке яиц, помимо повышения уровня полиненасыщенных жирных кислот (Punita A and Chaturvedi A, 2000). В научных трудах было указано на положительное влияние экстракта амаранта (50-150 г/кг корма) на яйценоскость кур, снижение расхода корма и уровня холестерина в желтке пищевых яиц (Popiela E et al., 2013; Rodríguez-Ríos H et al., 2020).

С целью нивелирования антипитательных веществ, содержащихся в зерне амаранта, а также для максимального использования питательных веществ комбикорма в целом (ОЭ, протеин) многие исследователи рекомендуют включать в его состав комплекс экзогенных ферментов (Sarker U et al., 2022).

Изучив материал по данной тематике, опубликованный в открытом доступе, мы не обнаружили исследований влияния взаимодействия зерна *Amaranthus hybridus chlorostachys* с комплексом эндогенных ферментов в кормлении кур при производстве пищевых яиц.

**Цель работы** – установить воздействие экструдированного зерна амаранта (*Amaranthus hybridus chlorostachys*) с добавлением комплекса ферментов на яичную продуктивность, качество пищевых яиц, включая наличие холестерина в желтке, уровень антиоксидантного статуса кур-несушек.

**Материалы и методы.** Опыт проводили на курах-несушках промышленного стада кросса «Хайсекс коричневый» в условиях вивария ГНУ НИИММП (Волгоград, Россия) по схеме, представленной в таблице 1.

**Таблица 1.** Схема опыта

*Table 1. Scheme of experience*

Группа в опыте <i>Group in experience</i>	Возраст птиц, недель <i>Bird age, weeks</i>	Количество голов птиц <i>Number of bird heads</i>	Параметры кормления <i>Feeding parameters</i>
Контрольная <i>Control</i>	56-68	70	Стандартный комбикорм <i>Standard compound feed</i>
I опытная <i>I experimental</i>	56-68	70	10% экструдированного зерна амаранта в составе рациона <i>10% extruded amaranth grain in the diet</i>
II опытная <i>II experimental</i>	56-68	70	10% экструдированного зерна амаранта + 250 г мульти-энзимной композиции на 1 т корма в составе рациона <i>10% extruded amaranth grain + 250 g of multi-enzyme composition per 1 ton of feed as part of the diet</i>

В эксперименте участвовали 210 кур-несушек промышленного стада, разделенные на три группы (контрольная и две опытные). Контрольная группа кур получала стандартный комбикорм, соответствующий возрасту птицы (II фаза продуктивности). Птица I опытной

группы получала комбикорм, в котором 10% кукурузы заменены на экструдированное зерно амаранта. В рацион кур II опытной группы, помимо 10% зерна амаранта, добавлено 250 г/т корма ферментного комплекса.

Используемый в настоящем исследовании мультиферментный комплекс включал Натузим Р50 (активность целлюлазы 5 000 000 ед/кг, ксиланазы – 10 000 000 ед/кг, пектиназы – 140 000 ед/кг, β-глюканазы – 1 000 000 ед/кг), α-амилазу, протеазу (6 000 000 ед/кг) и фитазу (500 000 ед/кг) грибкового происхождения *Aspergillus niger*.

Витаминная добавка рассчитана на килограмм рациона: витамин А, 8000 МЕ; витамин Е, 20 МЕ; менадион, 3,0 мг; витамин D3, 2000 МЕ; рибофлавин, 4,0 мг; ка-пантотенат, 12 мг; никотиновая кислота, 50 мг; холин, 300 мг; витамин В12, 15 мг; витамин В6, 0,12 мг; тиамин, 1,5 мг; фолиевая кислота, 1,00 мг; D-биотин, 0,10 мг; микроэлементы (миллиграммы на килограмм рациона): Mn, 100; цинк, 70; Fe, 50; Cu, 10; йод, 1; Se, 0,30; антиоксидант, 50.

Химический состав зерна амаранта, используемого в структуре рациона, представлен в таблице 2.

**Таблица 2.** Содержание биоактивных фитохимических соединений и аминокислотный профиль зерна амаранта (*Amaranthus hybridus chlorostachys*)

*Table 2. The content of bioactive phytochemical compounds and the amino acid profile of amaranth grain (Amaranthus hybridus chlorostachys)*

Перечень показателей <i>List of indicators</i>	Значения <i>Values</i>
Общее количество фитостеролов, мг/кг / <i>Total amount of phytosterols, mg / kg</i>	3194,28
Альфа-токоферол, мкг/кг / <i>Alpha-tocopherol, mcg / kg</i>	18,60
Сумма токоферолов, мкг/кг / <i>Amount of tocopherols, mg / kg</i>	530,85
Линолевая кислота (C18:2), г/кг / <i>Linoleic acid (C18:2), g / kg</i>	347,9
Сквален, мкг/кг / <i>Squalene, mcg / kg</i>	2161,39
Сырой протеин, г/кг / <i>Crude protein, g / kg</i>	168,0
Аминокислоты, г/кг: <i>Amino acids, g / kg:</i>	
Аргинин / <i>Arginine</i>	7,1
Гистидин / <i>Histidine</i>	2,3
Изолейцин / <i>Isoleucine</i>	3,3
Лейцин / <i>Leucine</i>	6,2
Лизин / <i>Lysine</i>	5,4
Метионин / <i>Methionine</i>	2,8
Фенилаланин / <i>Phenylalanine</i>	4,3
Треонин / <i>Threonine</i>	3,8
Триптофан / <i>Tryptophan</i>	1,5
Валин / <i>Valine</i>	4,2
Аланин / <i>Alanine</i>	4,1
Аспарагиновая кислота / <i>Aspartic acid</i>	10,0
Цистеин / <i>Cysteine</i>	2,1
Глютаминовая кислота / <i>Glutamic acid</i>	16,1
Глицин / <i>Glycine</i>	7,2
Пролин / <i>Proline</i>	3,6
Тирозин / <i>Tyrosine</i>	4,0
Серин / <i>Serine</i>	6,1

Перед началом эксперимента фиксировали яйценоскость кур. Птицу со сходной яйценоскостью формировали в группы. Массу тела каждой курицы-несушки регистрировали в начале и конце экспериментального периода. Испытания длились 12 недель. Ежедневное потребление корма, программа освещения и температура контролировались в соответствии с рекомендациями для кур промышленного стада кросса «Хайсекс коричневый». Курам предоставляли свободный доступ к воде и экспериментальным комбикормам на всем протяжении испытаний.

Содержалась птица в клеточных батареях UV 550 фирмы «Big Dutchman» (Германия), площадь клетки – 3316 см<sup>2</sup>. Для опыта были задействованы по 10 клеток для каждой группы (7 голов в каждой клетке).

Собранные для анализа яйца были переданы в сертифицированную комплексную аналитическую лабораторию ГНУ НИИММП (Волгоград, Россия), где исследовались на показатели качества в течение 24 часов после сбора.

Кровь для анализа отбирали в утренние часы до начала кормления. Для исследования биохимических показателей крови применялся анализатор URiT-800 (Китай), показателей антиоксидантного статуса прибор Biochem Sa (США).

Согласно методике вариационной статистики (по Стьюденту), нами была проведена математическая обработка цифровых данных, полученных в результате эксперимента.

**Результаты и обсуждение.** Учитывая применение в рационах нового кормового ингредиента, мы прежде всего следили за изменением живой массы кур в период опыта. Мониторинг живой массы кур в возрастном аспекте (56-58 недель) показал, что экструдированные семена амаранта не оказали отрицательного влияния на живую массу птиц, которая в опытных группах находилась на уровне контрольных значений и соответствовала возрасту птиц. Наблюдения за птицей в течение экспериментального периода показали, что сохранность кур во всех подопытных группах составила 100%.

Скармливание изучаемых компонентов корма способствовало увеличению продуктивности кур опытных групп (таблица 3).

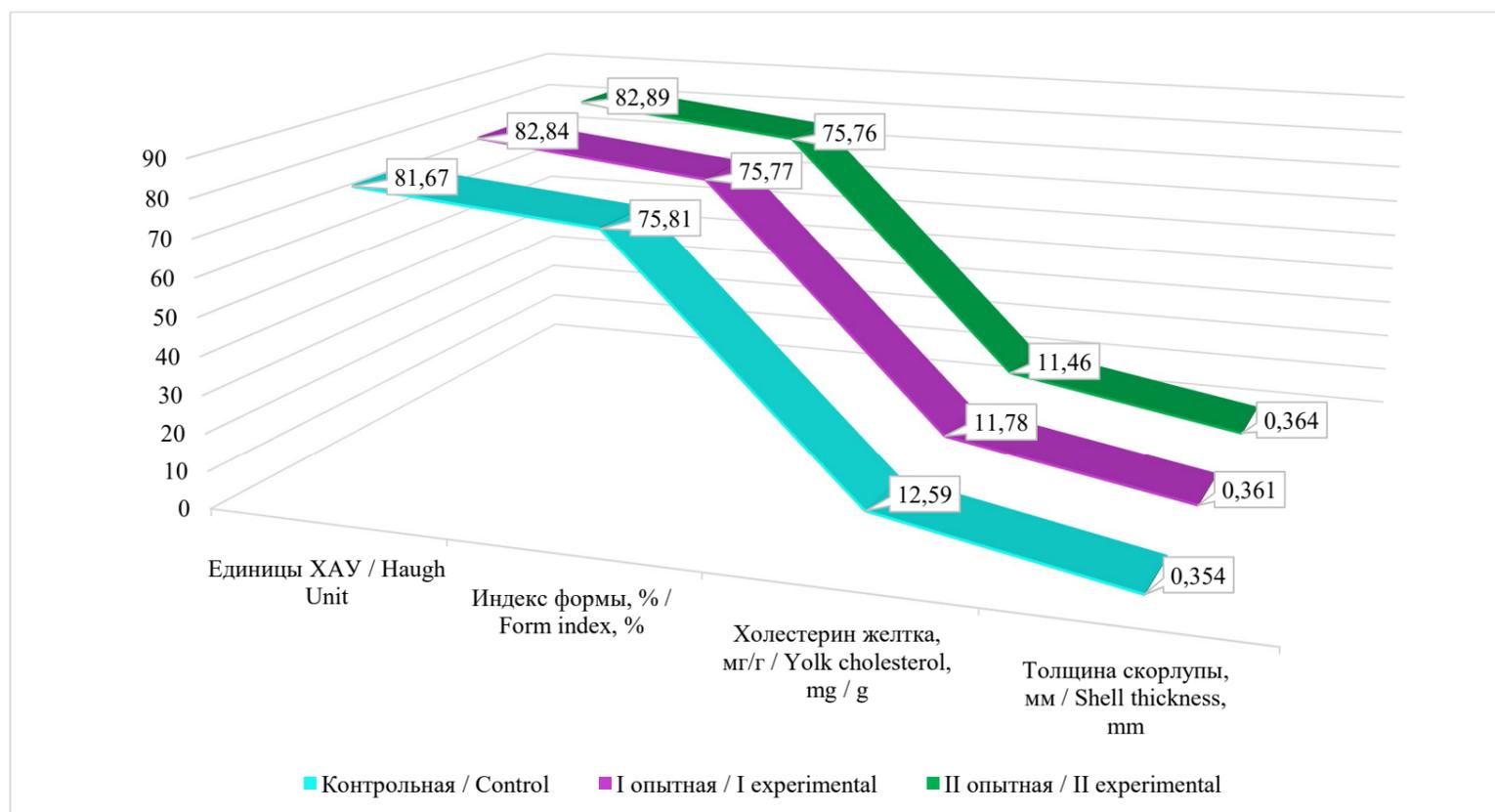
**Таблица 3.** Основные результаты подкормки кур-несушек амарантом с добавлением ферментов

**Table 3.** The main results of feeding laying hens with amaranth with addition of enzymes

Показатель <i>Parameter</i>	Контрольная группа <i>Control group</i>	Опытные группы <i>Experimental groups</i>	
		I	II
Валовое производство пищевых яиц, штук <i>Gross production of food eggs, pieces</i>	4794	4899	4927
Интенсивность яйценоскости, % <i>Egg production intensity, %</i>	81,53	83,31	83,79
На среднюю несушку, штук <i>For an average laying hen, pieces</i>	68,5	70,0	70,4
Потребление корма, г/гол <i>Feed consumption, g / head</i>	119,3	119,1	118,8
Затраты корма, кг/10 яиц <i>Feed costs, kg / 10 eggs</i>	1,46	1,43	1,42
Конверсия корма, кг <i>Feed conversion, kg</i>	2,32	2,25	2,23
Масса яиц, г <i>Egg weight, g</i>	62,95±0,29	63,55±0,22	63,71±0,31

Интенсивность яйценоскости кур I опытной группы, где птица получала 10% экструдированного зерна амаранта, возросла на 1,73%, а во II опытной, где дополнительно было включено 250 г/т корма ферментного комплекса, увеличилась на 2,26% относительно контрольной группы, что связано с наиболее сбалансированным составом биологически активных веществ, способных влиять на яичную продуктивность кур, соответственно затраты корма снизились на 0,03 и 0,04 кг при получении 10 яиц. Масса яиц в опытных группах увеличилась на 0,60 г (0,95%) и 0,76 г (1,21%), а конверсия корма на получение 1 кг яичной массы возросла на 0,07 и 0,09 кг по сравнению с контролем.

Результаты анализа пищевых яиц, включая холестерин в желтке, представлены на рисунке 1.

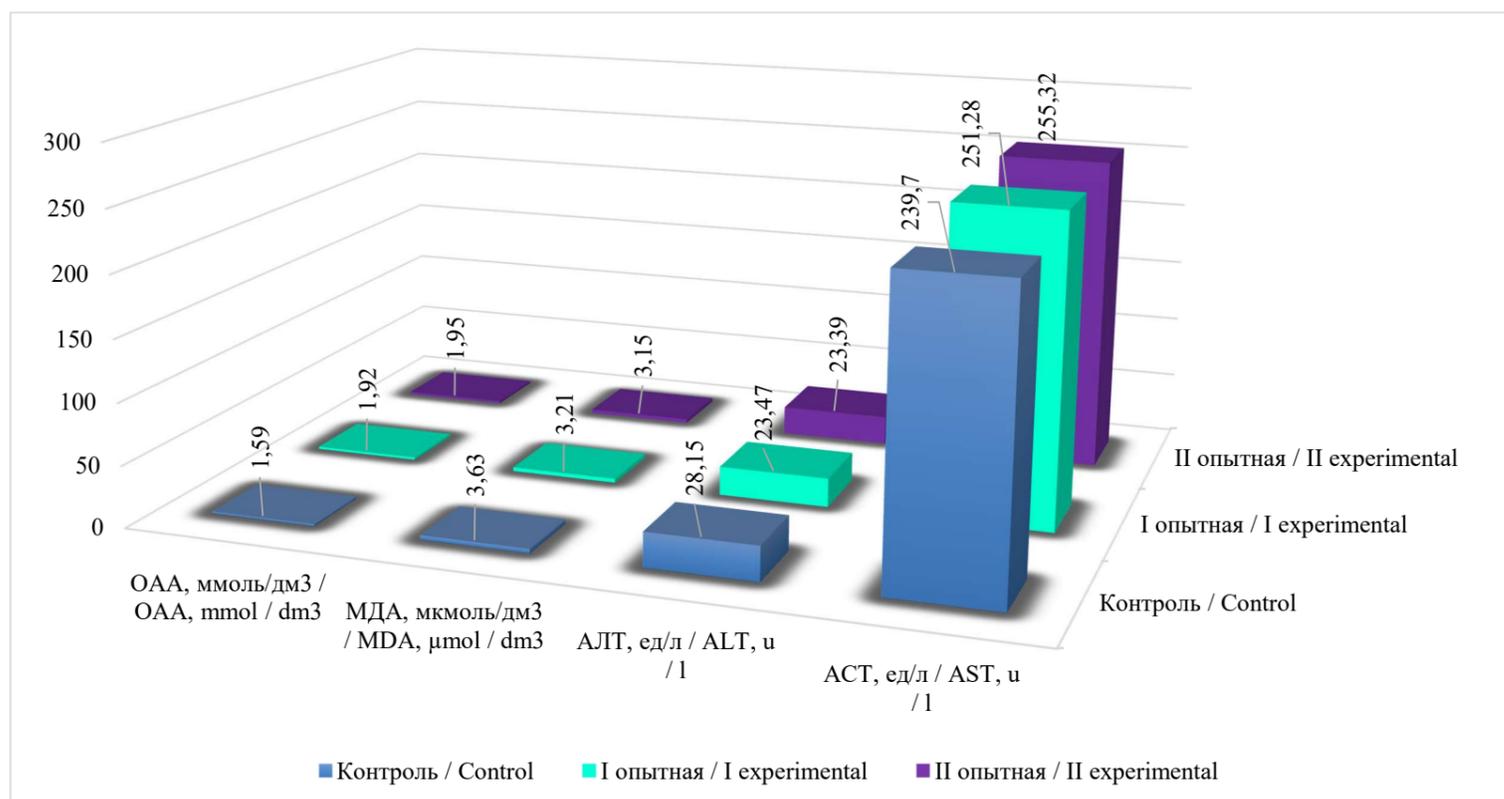


**Рисунок 1.** Основные результаты влияния подкормки амарантом и с добавлением комплекса ферментов на качественные показатели пищевых яиц  
**Figure 1.** The main results of the effect of feeding with amaranth and with the addition of a complex of enzymes on the quality indicators of food eggs

Результаты показывают, что основным показателем кормления амарантом было значительное снижение уровня холестерина в яичных желтках опытных групп на 6,87 и 9,86% ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с яичными желтками кур, получавших контрольный рацион. По другим показателям качества яиц, полученным в конце периода, включая толщину скорлупы, индекс формы и единицу Хау, между экспериментальными группами не наблюдалось достоверных различий.

Результаты антиоксидантного статуса крови представлены на рисунке 2.

Потребление курами опытных групп экспериментальных рационов привело к значительному увеличению общей антиоксидантной активности в крови на 20,75 ( $P \leq 0,01$ ) и 22,64% ( $P \leq 0,01$ ) относительно контроля. В крови кур опытных групп зафиксировано снижение малонового диальдегида на 13,08 ( $P \leq 0,05$ ) и 15,24% ( $P \leq 0,05$ ). Результаты показывают снижение АЛТ в крови кур-несушек опытных групп по сравнению с контролем на 19,94 ( $P \leq 0,05$ ) и 20,35% ( $P \leq 0,05$ ).



**Рисунок 2.** Показатели антиоксидантной активности крови кур:

ОАА – общая антиоксидантная активность; МДА – малоновый диальдегид;

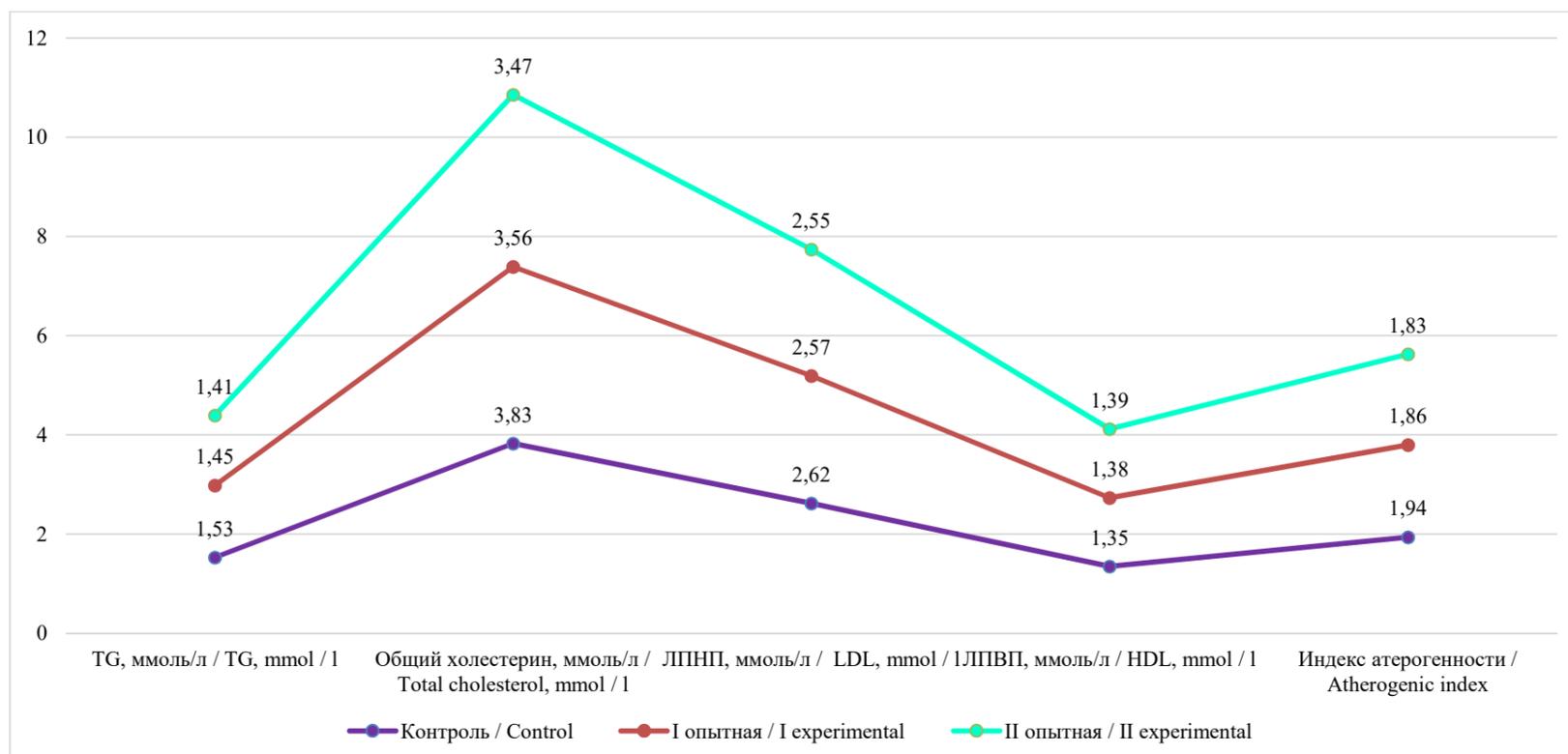
АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспаратаминотрансфераза

**Figure 2.** Indicators of antioxidant activity in the blood of chickens:

OAA – total antioxidant activity; MDA – malondialdehyde;

ALT – alanine aminotransferase; AST – aspartate aminotransferase

Результаты влияния амаранта и с добавлением ферментов на липидный профиль крови продемонстрированы на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Липидный профиль крови кур: TG – триглицериды;

ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; ЛПВП – липопротеиды высокой плотности

**Figure 3.** Blood lipid profile of chickens: TG – triglycerides;

LDL – low density lipoproteins; HDL – high density lipoproteins

Скармливание курам рационов, содержащих амарант, приводит к снижению триглицеридов на 5,52 ( $P \leq 0,05$ ) и 8,51% ( $P \leq 0,05$ ) и ЛПНП – на 1,95 и 2,74% на фоне контрольной группы. При этом зафиксировано увеличение ЛПВП в крови кур опытных групп на 2,22 и 2,96% по сравнению с контрольным вариантом, а индекс атерогенности (ЛПНП/ЛПВП) снизился на 4,30 ( $P \leq 0,05$ ) и 6,01% ( $P \leq 0,05$ ).

**Заключение.** В целом результаты нашего исследования показывают, что кормление зерном амаранта благоприятно влияет на параметры здоровья кур-несушек, улучшая антиоксидантный статус, а также снижая уровень холестерина, ЛПНП и триглицеридов при одновременном повышении уровня ЛПВП в крови. Следует отметить, что показатели продуктивности и качества яиц возрастают при включении в рацион, содержащий зерна амаранта, мультиферментного комплекса в дозе 250 г/т корма. Высокое содержание сырого протеина в зерне амаранта и присутствие в нем веществ, обладающих антиоксидантной активностью, позволяют использовать его в качестве кормового средства в промышленном птицеводстве. Известно, что холестерин яичного желтка яиц определяет пищевую ценность продукта. Нашими исследованиями доказана положительная динамика снижения уровня холестерина: при использовании в составе комбикорма 10% экструдированного зерна амаранта – на 6,87%, а с дополнительным включением ферментного комплекса – на 9,86%.

**Благодарность:** Представленные в статье результаты получены в рамках выполнения гранта РФФ № 21-16-00025, ГНУ НИИММП.

*Acknowledgment: The results presented in the article were obtained within the framework of the grant of the Russian Science Foundation No. 21-16-00025, VRIMMP.*

#### Список источников

1. Гинс М.С., Гинс В.К., Мотылева С.М., Куликов И.М., Медведев С.М., Пивоваров В.Ф., Мертвищева М.Е. Идентификация метаболитов с антиоксидантными свойствами в листьях овощного амаранта (*Amaranthus tricolor* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 1030-1040. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.1030rus>.
2. Шор М.Ф., Жужукин В.И. Интродукция амаранта в Нижнем Поволжье // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2012. № 10. С. 166-170.
3. Acar N, Vohra P, Becker R, Hanners G, Saunders R. Nutritional evaluation of grain amaranth for growing chickens // Poultry Sci. 1988. Vol. 67. № 8. P. 1166-1173. <https://doi.org/10.3382/ps.0671166>.
4. Aderibigbe OR, Ezekiel OO, Owolade SO, Korese JK, Sturm B, Hensel O. Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review // Crit Rev Food Sci Nutr. 2022. Vol. 62, № 3. P. 656-669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>.
5. Alegbejo JO. Nutritional Value and Utilization of Amaranthus (*Amaranthus* spp.): A Review // Bayero J. Pure Appl. Sci. 2013. Vol. 6, № 1. P. 136-143. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v6i1.27>.
6. Cai Y, Corke H, Wu H. Amaranth // Encyclopedia of Grain Science / eds Wrigley CW, Corke H, Walker CE. Oxford: Elsevier, 2004. Vol. 1. P. 1-10.

7. Caselato-Sousa VM, Amaya-Farfán J. State of knowledge on amaranth grain: A comprehensive review // J Food Sci. 2012. Vol. 77. № 4. P. 93-104. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>.
8. Cuadrado C, Takacs K, Szabó E, Pedrosa M. Non-nutritional factors: Lectins, phytic acid, proteases inhibitors, allergens // Legumes. London, UK: RSC Publishing, 2018. P. 152-176.
9. Janmohammadi H, Hosseintabar-Ghasemabad B, Oliyai M, Alijani S, Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Ramirez LS, Seidavi A, Laudadio V, Tufarelli V, Ragni M. Effect of Dietary Amaranth (*Amaranthus hybridus chlorostachys*) Supplemented with Enzyme Blend on Egg Quality, Serum Biochemistry and Antioxidant Status in Laying Hens // Antioxidants. 2023. Vol. 12, № 2. Article number: 456. <https://doi.org/10.3390/antiox12020456>.
10. Maurya NK, Arya P. Amaranthus grain nutritional benefits: A review // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7, iss. 2. P. 2258-2262.
11. Mendonça S, Saldiva PH, Cruz RJ, Arêas JA. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect // Food Chemistry. 2009. Vol. 116, iss. 3. P. 738-742. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.021>.
12. Mustafa AF, Seguin P, Gélinas B. Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes // Int. J. Food Sci. Nutr. 2011. Vol. 62, № 7. P. 750-754. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.575770>.
13. Peiretti PG. Amaranth in animal nutrition: A review // Livestock Research for Rural Development. 2018. Vol. 30. Number 5. P. 1-20.
14. Popiela E, Króliczewska B, Zawadzki W, Opaliński S, Skiba T. Effect of extruded amaranth grains on performance, egg traits, fatty acids composition, and selected blood characteristics of laying hens // Livestock. Science. 2013. Vol. 155, iss. 2-3. P. 308-315. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.001>.
15. Punita A, Chaturvedi A. Effect of feeding crude red palm oil (*Elaeis guineensis*) and grain amaranth (*Amaranthus paniculatus*) to hens on total lipids, cholesterol, PUFA levels and acceptability of eggs // Plant Foods Hum. Nutr. 2000. Vol. 55, iss. 2. P. 147-157. <https://doi.org/10.1023/a:1008197931085>.
16. Reyes MF, Chávez-Servín JL, Gonzalez-Coria C, Mercado-Luna A, Carbot K, Aguilera-Barreyro A, Ferriz-Martinez R, Serrano-Arellano J, Garcia-Gasca T. Comparative account of phenolics, antioxidant capacity,  $\alpha$ -tocopherol and anti-nutritional factors of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) grown in the greenhouse and open field // Int. J. Agric. Biol. 2018. Vol. 20. P. 2428-2436.
17. Rodríguez-Ríos H, Campos-Parra J, Astudillo-Neira R, Grande-Cano J, Carrillo-Domínguez S, Gil-Romo FP. Amaranthus cruentus L. as a food alternative in laying hens to reduce cholesterol in eggs // Chil. J. Agric. Anim. Sci. 2020. Vol. 36, iss. 1. P. 78-85. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-5D20005>.
18. Sarker U, Oba S, Ercisli S, Assouguem A, Alotaibi A, Ullah R. Bioactive phytochemicals and quenching activity of radicals in selected drought-resistant *Amaranthus tricolor* vegetable Amaranth // Antioxidants (Basel). 2022. Vol. 11, № 3. Article number: 578. <https://doi.org/10.3390/antiox11030578>.
19. Shodiev D, Haqiqatkhon D, Zulaykho A. Useful properties of the amaranth plant // ResearchJet Journal of Analysis and Inventions. 2021. Vol. 2. No. 11. P. 55-58. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/ENF3M>.

20. Tang Y, Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review // *Mol Nutr Food Res*. 2017. Vol. 61, iss. 7. Article number: 1600767. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>.
21. Trucco F, Tranel PJ. Amaranthus // *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Vegetables* / ed. C. Kole. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer. 2011. P. 11-21. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20450-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20450-0_2).
22. World Health Organization. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition, Food & Agriculture Org., Rome, Italy. 2018. URL: <https://www.wfp.org/publications/2018-state-food-security-and-nutrition-world-sofi-report>.

### References

1. Gins MS, Gins VK, Motyleva SM, Kulikov IM, Medvedev SM, Pivovarov VF, Mertvishcheva ME. Identification of metabolites with antioxidant properties in the leaves of vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *Sel'skohozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2017;52(5):1030-1040. (In Russ.). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.1030rus>.
2. Shor MF, Zhuzhukin VI. Introduction of amaranth in the Lower Volga region. *Byulleten' Botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University*. 2012;(10):166-170. (In Russ.).
3. Acar N, Vohra P, Becker R, Hanners G, Saunders R. Nutritional evaluation of grain amaranth for growing chickens. *Poult. Sci.* 1988;67(8):1166-1173. <https://doi.org/10.3382/ps.0671166>.
4. Aderibigbe OR, Ezekiel OO, Owolade SO, Korese JK, Sturm B, Hensel O. Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022;62(3):656-669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>.
5. Alegbejo JO. Nutritional Value and Utilization of Amaranthus (*Amaranthus* spp.): A Review. *Bayero J. Pure Appl. Sci.* 2013;6(1):136-143. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v6i1.27>.
6. Cai Y, Corke H, Wu H. Amaranth. *Encyclopedia of Grain Science*. Wrigley CW, Corke H, Walker CE, eds. Oxford: Elsevier, 2004;(1):1-10.
7. Caselato-Sousa VM, Amaya-Farfán J. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *J Food Sci*. 2012;77(4):R93-104. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>.
8. Cuadrado C, Takacs K, Szabó E, Pedrosa M. Non-nutritional factors: Lectins, phytic acid, proteases inhibitors, allergens. *Legumes*. London, UK: RSC Publishing; 2018:152-176.
9. Janmohammadi H, Hosseintabar-Ghasemabad B, Oliyai M, Alijani S, Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Ramirez LS, Seidavi A, Laudadio V, Tufarelli V, Ragni M. Effect of Dietary Amaranth (*Amaranthus hybridus chlorostachys*) Supplemented with Enzyme Blend on Egg Quality, Serum Biochemistry and Antioxidant Status in Laying Hens. *Antioxidants*. 2023;12(2):456. <https://doi.org/10.3390/antiox12020456>.
10. Maurya NK, Arya P. Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018;7(2):2258-2262.
11. Mendonça S, Saldiva PH, Cruz RJ, Arêas JA. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. *Food Chemistry*. 2009;116(3):738-742. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.021>.

12. Mustafa AF, Seguin P, Gélinas B. Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2011;62(7):750-754. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.575770>.
13. Peiretti PG. Amaranth in animal nutrition: A review. *Livestock Research for Rural Development.* 2018;30(5):1-20.
14. Popiela E, Króliczewska B, Zawadzki W, Opaliński S, Skiba T. Effect of extruded amaranth grains on performance, egg traits, fatty acids composition, and selected blood characteristics of laying hens. *Livestock Science.* 2013;155(2-3):308-315. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.001>.
15. Punita A, Chaturvedi A. Effect of feeding crude red palm oil (*Elaeis guineensis*) and grain amaranth (*Amaranthus paniculatus*) to hens on total lipids, cholesterol, PUFA levels and acceptability of eggs. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2000;55(2):147-157. <https://doi.org/10.1023/a:1008197931085>.
16. Reyes MF, Chávez-Servín JL, Gonzalez-Coria C, Mercado-Luna A, Carbot K, Aguilera-Barreyro A, Ferriz-Martinez R, Serrano-Arellano J, Garcia-Gasca T. Comparative account of phenolics, antioxidant capacity,  $\alpha$ -tocopherol and anti-nutritional factors of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) grown in the greenhouse and open field. *Int. J. Agric. Biol.* 2018;(20):2428-2436.
17. Rodríguez-Ríos H, Campos-Parra J, Astudillo-Neira R, Grande-Cano J, Carrillo-Domínguez S, Gil-Romo FP. *Amaranthus cruentus* L. as a food alternative in laying hens to reduce cholesterol in eggs. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 2020;36(1):78-85. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-5D20005>.
18. Sarker U, Oba S, Ercisli S, Assouguem A, Alotaibi A, Ullah R. Bioactive phytochemicals and quenching activity of radicals in selected drought-resistant *Amaranthus tricolor* vegetable Amaranth. *Antioxidants (Basel).* 2022;11(3):578. <https://doi.org/10.3390/antiox11030578>.
19. Shodiev D, Haqiqatkhon D, Zulaykho A. Useful properties of the amaranth plant. *ResearchJet Journal of Analysis and Inventions.* 2021;11(2):55-58. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/ENF3M>.
20. Tang Y, Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review. *Mol Nutr Food Res.* 2017;61(7):1600767. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>.
21. Trucco F, Tranel PJ. Amaranthus. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Vegetables* / ed. C. Kole. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer; 2011:11-21. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20450-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20450-0_2).
22. World Health Organization. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition, Food & Agriculture Org., Rome, Italy. 2018. URL: <https://www.wfp.org/publications/2018-state-food-security-and-nutrition-world-sofi-report>.

**Вклад авторов:** Все авторы принимали участие в подготовке, проведении исследования и анализе его результатов. Представленный вариант статьи согласован со всеми авторами.

**Contribution of the authors:** All authors took part in the preparation, conduction of the study and analysis of its results. The presented version of the article was agreed with all authors.

**Конфликт интересов.** Все авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

*Conflict of interest.* All authors declared no conflicts of interest.

**Информация об авторах (за исключением контактного лица):**

**Сложенкина Марина Ивановна** – директор, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: niimmp@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>;

**Горлов Иван Федорович** – главный научный сотрудник, отдел производства продукции животноводства, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: niimmp@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>;

**Комарова Зоя Борисовна** – ведущий научный сотрудник, отдел производства продукции животноводства, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: way\_kom@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0574-8221>;

**Рудковская Алиса Валерьевна** – лаборант-исследователь, отдел производства продукции животноводства, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: way\_kom@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0009-0009-0495-047X>;

**Струк Евгения Александровна** – лаборант-исследователь, отдел производства продукции животноводства, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: jastruk@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6679-7847>.

**Information about the authors (excluding the contact person):**

**Marina I. Slozhenkina** – Director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: niimmp@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>;

**Ivan F. Gorlov** – Chief Researcher, Livestock Production Department, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: niimmp@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>;

**Zoya B. Komarova** – Leading Researcher, Livestock Production Department, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: way\_kom@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0574-8221>;

**Alisa V. Rudkovskaya** – Research Laboratory Assistant, Livestock Production Department, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: way\_kom@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0009-0009-0495-047X>;

**Evgenia A. Struk** – Research Laboratory Assistant, Livestock Production Department, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: jastruk@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6679-7847>.

Статья поступила в редакцию / *The article was submitted:* 28.12.2022;  
одобрена после рецензирования / *approved after reviewing:* 15.05.2023;  
принята к публикации / *accepted for publication:* 16.05.2023