

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-336-344>



Поступила 09.04.2024

Поступила после рецензирования 17.07.2024

Принята в печать 22.07.2024

© Полубесова М. А., Мечтаева Е. В., Чернов А. Д., Ситнов В. Ю., Журавлева А. З., 2024

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ БЕЛКА В РАЦИОНАХ ПЕРЕПЕЛОВ: ОБЗОР

Полубесова М. А.^{1*}, Мечтаева Е. В.¹, Чернов А. Д.², Ситнов В. Ю.¹, Журавлева А. З.¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный центр охраны здоровья животных, Санкт-Петербург, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

альтернативные белки, перепела, растения, насекомые, водоросли, грибы

Рост населения Земли и стремление людей к здоровому образу жизни приводят к увеличению мирового спроса на белковую пищу. Перепела являются ценным источником белка, который, как считается, снижает риск развития ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний. Включение альтернативных источников белка в состав кормов для перепелов является ответом на экологические проблемы, связанные с использованием традиционных источников белка. Среди наиболее часто упоминаемых альтернативных источников белка в научных исследованиях можно выделить растения, насекомых, водоросли и грибы. Целью данного обзора является анализ научной литературы, посвященной использованию растений, насекомых, водорослей и грибов как альтернативных источников белка в кормах для перепелов. Растительные источники белка, такие как соя и кукуруза, успешно используются в кормопроизводстве. Однако исследования показали, что добавление в корма других источников, в том числе побочных продуктов растениеводства, позволит повысить экологичность и снизить зависимость отрасли от традиционного сырья. Мука из личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) является перспективным и наиболее широко изученным источником белка среди насекомых и способна положительно влиять на продуктивность и здоровье перепелов. Среди водорослей следует выделить спирулину (*Spirulina platensis* и *Arthrospira platensis*), при добавлении 4% порошка из которой у птиц улучшились показатели продуктивности. Грибы описываются как перспективный источник белка в кормах, также способный обеспечить повышение продуктивности и качества мяса птиц, однако на данный момент проведено мало исследований по этому направлению. Проведение дальнейших исследований использования альтернативных источников белка в рационах перепелов рекомендуется сосредоточить на вопросах безопасности их применения и на более подробном изучении экономической целесообразности.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2024-0010 и № FGUS-2022-0018 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 09.04.2024

Accepted in revised 17.07.2024

Accepted for publication 22.07.2024

© Polubesova M. A., Mechtaeva E. V., Chernov A. D., Sitnov V. Yu., Zhuravleva A. Z., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

THE USE OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES IN QUAIL DIETS: A REVIEW

Mariia A. Polubesova^{1*}, Elizaveta V. Mechtaeva¹, Aleksandr D. Chernov²,
Veniamin Yu. Sitnov¹, Aigul Z. Zhuravleva¹

¹ All-Russia Research Institute for Food Additives, Saint Petersburg, Russia

² Federal Centre for Animal Health, Saint Petersburg, Russia

KEY WORDS:

alternative proteins, quail, plants, insects, algae, mushrooms

ABSTRACT

The growth of the Earth's population and people's striving for healthy life style lead to an increase in the global demand for protein food. Quails are a valuable source of protein, which is thought to reduce the risk of obesity and cardiovascular diseases. Inclusion of alternative protein sources into the composition of feeds for quails is an answer to ecological problems associated with the use of traditional protein sources. Plants, insects, algae and mushrooms are among alternative protein sources that are mentioned most frequently in scientific studies. The aim of this review is analysis of scientific literature dedicated to the use of plants, insects, algae and mushrooms as alternative protein sources in feedstuff for quails. Plant sources of protein, such as soya and maize, are successfully used in feedstuff production. However, studies have shown that addition of other sources, including by-products of crop husbandry, will allow increasing sustainability and reducing the dependence of the industry on traditional raw materials. Flour from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae is the promising and most widely studied source of protein among insects and can positively affect productivity and health of quails. Among algae, it is necessary to mention spirulina (*Spirulina platensis* and *Arthrospira platensis*). Upon addition of 4% of the spirulina powder, productivity parameters in poultry increased. Mushrooms are described as a promising protein source in feedstuff that is also capable of ensuring an increase in productivity and quality of poultry meat. Today, however, there are few studies on this subject. It is recommended to focus further studies of the application of alternative protein sources in quail diets on questions of safety of their use and more detailed analysis of economic feasibility.

FUNDING: This article was published as part of the research topic No. FGUS-2024-0010 and No. FGUS-2022-0018 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Полубесова, М. А., Мечтаева, Е. В., Чернов, А. Д., Ситнов, В. Ю., Журавлева, А. З. (2024). Использование альтернативных источников белка в рационах перепелов: обзор. *Пищевые системы*, 7(3), 336–344. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-336-344>

FOR CITATION: Polubesova, M. A., Mechtaeva, E. V., Chernov, A. D., Sitnov, V. Yu., Zhuravleva, A. Z. (2024). The use of alternative protein sources in quail diets: A review. *Food Systems*, 7(3), 336–344. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-336-344>

1. Введение

Мировой спрос на продукты, богатые белком, продолжает увеличиваться, что обусловлено ростом населения планеты и растущим стремлением людей придерживаться здорового питания. Мясо птицы — животный источник белка, который связывают со снижением риска развития избыточного веса и ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета 2 типа [1]. Исходя из прогноза Организации экономического сотрудничества и развития [2], к 2032 году мировое потребление мяса птицы вырастет до 156 237 тыс тонн, что на 12% выше по сравнению с аналогичным показателем в 2023 году.

Перепел — небольшая птица с коротким производственным циклом, представляющая интерес как источник животного белка для удовлетворения растущих потребностей населения мира. Выращивание перепелов имеет ряд преимуществ, таких как высокое качество мяса, ранняя половая зрелость и быстрый рост птицы, короткий интервал между поколениями, высокая яйценоскость, а также ограниченное количество корма и требуемое пространство на одну птицу [3].

В состав кормов для перепелов входят классические источники белка, такие как рыбная мука, соя и кукуруза. Однако экологические проблемы, связанные с данными источниками, например, чрезмерные вырубки лесов и неустойчивое рыболовство, приводят мировое научное сообщество к поиску альтернативных источников белка. Включение перспективных альтернативных белковых ингредиентов в корма для перепелов может смягчить воздействие интенсивного производства животноводческой продукции на окружающую среду, а также обогатить качественным белком корма растущих птиц. К наиболее популярным из них, рассматриваемых в научной литературе, относятся растения, насекомые, водоросли и грибы (Рисунок 1).

Среди растительных источников белка соя и кукуруза уже активно используются в кормах для сельскохозяйственных животных, однако в современных исследованиях рассматривается также возможность использования побочных продуктов растениеводства в кормах для перепелов. Так, например, измельченные сушеные листья маниоки являются источником белка с хорошим профилем незаменимых аминокислот. Мука из насекомых является возможной альтернативой соевому шроту и рыбной муке, благодаря большому содержанию белка и питательных веществ, а также чрезвычайно низкому воздействию на окружающую среду и возможности выращивания на вторичном сырье [4]. В научной литературе одним из наиболее широко изученных видов насекомых, рассматриваемых с точки зрения использования в рационах перепелов, является черная львинка (*Hermetia illucens*). Как альтернативный источник белка в рационе птиц водоросли также имеют в своем составе большое количество питательных веществ и могут использоваться для улучшения здоровья и продуктивности птиц, а также для повышения качества мяса и яиц. Содержание белка в спирулине (*Spirulina platensis*) может достигать до 70% сухой массы, что выше, чем количество белка в соевых бобах, содержащих около 40% белка [5]. Исследований, направленных на изучение использования грибов в рационах перепелов, значительно меньше по сравнению с вышеперечисленными источниками. Тем не менее одним из примеров может служить шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*), который обладает иммуномодулирующими свойствами.

Исходя из вышесказанного, цель данного обзора — анализ научной литературы, посвященной использованию растений, насекомых, водорослей и грибов как альтернативных источников белка в кормах для перепелов.

2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись научные публикации, посвященные возможности использования растений, насекомых, водорослей и грибов в кормах для перепелов. Поиск литературных источников осуществлялся с помощью поисковой системы Google Scholar и базы данных PubMed по ключевым словам: «растения в рационах перепелов», «насекомые в рационах перепелов», «водоросли в рационах перепелов», «грибы в рационах перепелов» и по конкретным источникам альтернативных белков.

3. Растения

На данный момент изучена возможность использования растений следующих семейств как белковых ингредиентов в кормах для перепелов: бобовые (soя, нут, арахис), злаковые (кукуруза, сорго, рис), капустные (канола), молочайные (маниока), мальвовые (хлопчатник), пальмовые (финиковая пальма). В Таблице 1 представлены достоинства и недостатки использования растений в качестве источников белка в рационах перепелов.

Традиционно как белковый компонент в состав кормов для перепелов входит рыбная мука, соевый шрот или кукуруза. Тем не менее в научной литературе соя и кукуруза зарекомендовали себя как отдельно взятые перспективные альтернативные источники белка. Например, в исследовании [18] сравнивалось влияние включения соевого шрота и рыбной муки в рацион перепелов. По сравнению с рыбной мукой включение 21% соевого шрота в состав корма привело к наибольшей средней дневной прибавке в весе и к наилучшим абсолютным показателям веса перепелов в возрасте 2–4 недель. Тем не менее включение 19% соевого шрота и 19% рыбной муки привело к наилучшему коэффициенту конверсии корма по сравнению с другими группами. В работе [19] исследовалось влияние включения соевых бобов, ферментированных *Aspergillus oryzae*, на показатели роста и на яйценоскость перепелов-несушек. Перепела, получавшие экспериментальные рационы, продемонстрировали больший прирост массы тела по сравнению с контрольной группой. Несмотря на это, за 7 последовательных 28-дневных периодов авторы не обнаружили существенного влияния экспериментальных рационов на показатель яйценоскости птиц.

Соя и продукты ее переработки повсеместно используются для производства кормов, благодаря высокому содержанию белка. Рост объемов производства мяса ведет и к росту в потребности в кормах, следовательно, поиск более дешевых и экологических замен сои является актуальной задачей. Авторы А. А. Odunsi и А. А. Rotimi [20] провели исследование влияния включения 30% соевого шрота и аналогичных уровней арахисового жмыха, жмыха семян хлопчатника на рост и яйценоскость перепелов-несушек. В результате проведенного исследования выявлено, что три группы перепелов, употреблявших вышеуказанные источники растительного белка, не имели существенных различий в показателях ежедневного потребления корма и ежедневного прироста массы тела. Перепела, в рацион которых добавляли соевый шрот, имели более высокую яйценоскость по сравнению с другими группами.



Таблица 1. Использование растений как альтернативного источника белка в кормах для перепелов

Table 1. The use of plants as an alternative protein source in feeds for quails

Источник белка	Форма	Преимущества	Возможные недостатки	Источник
<i>Бобовые</i>				
Соя	Бобы, соевый шрот	Традиционный источник растительного белка. Среди злаковых и других видов бобовых имеет самое большое содержание белка	Способна вызывать аллергию	[6]
Нут	Сырой и вареный, автоклавированный, обработанный в микроволновой печи	Отличается более высоким содержанием цинка и фосфора по сравнению с другими бобовыми	Содержит антипитательные вещества. Имеет дефицит серосодержащих аминокислот, таких как метионин и цистин	[7,8]
Арахис	Жмых	Обладает антиоксидантными свойствами	Способен вызывать аллергию. Может содержать афлатоксины	[9]
<i>Злаковые</i>				
Кукуруза	Зерно, барда	По энергетической ценности сопоставима с соевым шротом	Высокое содержание крахмала. Низкое содержание белка по сравнению с соей	[10]
Сорго	Зерно	Содержание сырого белка выше, чем в кукурузе	Имеет более низкую усвояемость питательных веществ, чем кукуруза. Наличие дубильных веществ. Низкое содержание каротиноидов	[11]
Рис	Дробленый	Энергетическая ценность и количество белка сопоставимы с кукурузой	Nd	[12]
<i>Капустные</i>				
Канола	Шрот	Имеет схожий белковый состав с соевым шротом. Дешевле соевого шрота	Имеет меньшую энергетическую ценность, чем соевый шрот. Глюкозинолат и синапин, содержащиеся в каноле, придают корму горький вкус и могут снижать потребление корма. Содержит большое количество клетчатки, что может привести к снижению усвояемости питательных веществ	[13]
<i>Молочайные</i>				
Маниока	Измельченные сушеные листья	Возможность использования побочных продуктов	Высокое содержание клетчатки, низкое содержание белка по сравнению с кукурузой. Присутствие синильной кислоты в горькой разновидности маниоки	[14,15]
<i>Мальвовые</i>				
Хлопчатник	Жмых семян	Имеет сбалансированный аминокислотный состав	Обладает токсичностью из-за содержания госсипола	[16]
<i>Пальмовые</i>				
Финиковая пальма	Мука из косточек фиников	Возможность использования побочных продуктов	Содержит большое количество клетчатки, что может привести к снижению усвояемости питательных веществ	[17]

Шрот канолы также рассматривается в научной литературе как возможная альтернатива сое в рационах перепелов. В исследовании [13] замена от 0 до 50% соевого шрота шротом канолы не повлияла на яйценоскость перепелов-несушек и на качественные показатели яиц, такие как длина яйца и толщина скорлупы. Кроме того, включение канолового шрота в рацион птиц привело к значимому снижению массы тела. Тем не менее в результате проведенного исследования при замене 30% соевого шрота каноловым шротом выявлено увеличение валового дохода на 14,8%, что свидетельствует об экономической целесообразности использования данного альтернативного источника белка.

Нут содержит до 20% белка [21] и является еще одним представителем бобовых, который может использоваться в качестве альтернативного источника белка в кормах для перепелов. В работе [7] рассматривалась возможность включения 60% вареного и сырого нута в рацион перепелов. В результате исследования выявлено, что группа перепелов, получавшая в свой рацион 60% сырого нута, продемонстрировала наилучшие результаты по показателям прироста массы тела и убойной массы тела по сравнению с остальными группами. Однако авторы не рекомендуют использовать 60%-ное включение вареного нута в качестве альтернативного источника белка в рацион перепелов, поскольку температурная обработка привела к ухудшению показателей продуктивности. Исследование [22], напротив, выявило, что различные тепловые обработки нута обычно не оказывают существенного влияния на показатели продуктивности перепелов-несушек. Включение 20% и 40% сырого нута, автоклавированного нута и обработанного в микроволновой печи не оказало значительного влияния на показатели потребления корма, коэффициента конверсии корма и на яйценоскость перепелов. Тем не менее между исследуемыми группами наблюдались некоторые

различия с точки зрения качества яиц. Например, добавление в рацион перепелов нута, обработанного в микроволновой печи, и автоклавированного нута положительно повлияло на диаметр желтка яиц. Кроме того, автоклавирование нута привело к снижению содержания танинов в данном альтернативном источнике белка, что снизило общее количество антипитательных веществ.

Другим традиционным компонентом кормов сельскохозяйственных животных является кукуруза, она используется в том числе для кормления перепелов. Например, в работе [23] исследовалось влияние добавления кукурузы и известняка разного размера на продуктивность и качество яиц перепелов. Авторы исследования не выявили существенного влияния экспериментальных рационов на такие показатели, как масса яйца, потребление корма и коэффициент конверсии корма. Несмотря на это, в экспериментальном рационе с заменой 50% частиц мелкого известняка на крупный размер (0,947 мм) наблюдалось снижение доли разбитых яиц перепелов, что положительно характеризует влияние данного ингредиента на качество продукта.

Аналогично сое, исследователи изучают возможные способы замены кукурузной муки в кормах с целью снижения стоимости кормов и улучшения показателей продуктивности перепелов. В исследовании [12] отмечено, что дробленый рис может рассматриваться как альтернатива кукурузе. Авторы работы выявили, что дробленый рис можно использовать в рационах перепелов, заменяя до 20% кукурузы без негативных последствий для показателей среднесуточного прироста массы тела птиц, потребления корма и выживаемости. Несмотря на это, перепела, получавшие рационы с 10%-ным и 30%-ным добавлением дробленого риса, имели большую массу тела, чем птицы с 20%-ным включением данного ингредиента, что свидетельствует о необходимости поиска оптимального уровня включения.

Замена кукурузы в рационах перепелов белым сорго, красным сорго, а также их вариациями с добавлением красителей не привело к существенным различиям в показателях потребления корма, коэффициента конверсии корма, массы яиц и яйценоскости [11]. Кроме того, включение экспериментальных ингредиентов привело к снижению интенсивности цвета яичного желтка, что свидетельствует о нарушении его пигментации и об ухудшении внешнего вида.

Большой интерес с экономической и экологической точек зрения представляет изучение возможности использования побочных продуктов и отходов сельскохозяйственной и пищевой промышленности в качестве компонентов кормов. Применение маниоки в качестве источника альтернативного белка выглядит перспективным решением благодаря возможности задействовать побочный продукт растения — измельченные сушеные листья. В работе [14] включение 0–20% измельченных сушеных листьев маниоки в рацион перепелов в возрасте 1–35 дней взамен кукурузы привело к линейному увеличению потребления корма, к приросту в весе перепелов и к ухудшению конверсии корма. Среди исследуемых уровней включения авторы рекомендуют 10%-ное добавление сушеных листьев маниоки в рацион перепелов, которое привело к наилучшей конверсии корма по сравнению с остальными рассматриваемыми группами.

Кукурузная барда является побочным продуктом производства кукурузного этанола и также может рассматриваться как альтернативный источник белка в рационах перепелов. В работе [10] выявлено, что добавление 5% и 10% кукурузной барды в рацион японских перепелов-несушек привело к наибольшему индивидуальному потреблению корма. При этом включение 15% барды обеспечило наибольший вес яйца, а 20% — наилучшую конверсию корма на массу яйца. Авторы пришли к выводу, что включение 20% кукурузной барды в рацион перепелов демонстрирует наибольшую экономическую выгоду по сравнению с другими исследуемыми группами.

Еще один интересный пример возможного использования пищевых отходов в кормопроизводстве описан в работе Kamel E. R. и соавторов [17]. Авторы изучали влияние включения муки из косточек фиников на показатели роста, перевариваемость рациона, показатели крови и качество туши японских перепелов. В результате исследования выявлено, что включение муки из косточек фиников в рацион перепелов до 6% поддерживало темпы роста перепелов без отрицательного воздействия на здоровье и качество туши по сравнению с контрольным рационом.

Растительные источники белка уже используются в кормопроизводстве и являются традиционными компонентами в кормах для перепелов. В частности, соевый шрот и кукуруза присутствуют в большинстве исследуемых рецептур. Они позволяют обеспечи-

вать продуктивность перепелов на высоком уровне, поддерживать их здоровье и качество получаемой продукции без использования рыбной муки. Тем не менее поиск замены таким источникам белка является актуальной задачей, так как позволит снизить зависимость сельского хозяйства от данного вида сырья, а также повысить экономичность и экологичность производства кормов. Ряд исследований показал также повышение продуктивности животных при замене традиционных растительных компонентов на альтернативные.

4. Насекомые

Насекомые являются естественным источником пищи для птиц на свободном выгуле и для диких птиц. Кроме того, они могут выращиваться с использованием вторичного сырья и с меньшим негативным воздействием на окружающую среду по сравнению с традиционными источниками белка (Таблица 2).

По тематике использования насекомых в рационах перепелов муха черная львинка (*Hermetia illucens*) рассматривается в научной литературе чаще других видов насекомых. Содержание белка в личинках *Hermetia illucens* варьируется от 41 до 44% от общей сухой массы, при этом черная львинка имеет аминокислотный профиль лучше, чем у соевого шрота [32].

Согласно литературным данным, мука из черной львинки способна положительно влиять на производительность, здоровье, некоторые характеристики яиц перепелов. Так, в работе авторов T. Widjastuti и R. Wiradimadja добавление личинок черной львинки в рацион самок-перепелов оказало значительное положительное влияние на исследуемые показатели производительности [25]. Авторы отметили, что при замене рыбной муки мукой из личинок *Hermetia illucens* (от 25% до 50%) рацион перепелов достиг оптимального состава, у перепелов увеличилось потребление корма, масса яиц и улучшился коэффициент конверсии корма. В исследовании [33] оценивалось влияние добавления муки из личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) на отдельные показатели иммунитета перепелов-бройлеров. Выявлено, что включение муки из личинок *Hermetia illucens* в рацион перепелов усиливало клеточный иммунный ответ: наибольшая реакция наблюдалась у групп перепелов, получавших корм с 10% муки из личинок *Hermetia illucens* в составе, а перепела контрольной группы показали самый низкий иммунный ответ. Исследование [34] также показало, что мука из насекомых может быть добавлена в состав кормов для перепелов-несушек, обеспечивая оптимальную производительность и состояние здоровья птиц. Перепела, в рацион которых добавляли обезжиренную муку из черной львинки (10% или 15%), производили более удлиненные яйца по сравнению с яйцами контрольной группы. Кроме того, вес скорлупы яиц у экспериментальных

Таблица 2. Использование насекомых как альтернативного источника белка в кормах для перепелов

Table 2. The use of insects as an alternative protein source in feeds for quails

Источник белка	Форма	Преимущества	Возможные недостатки	Источник
Черная львинка (<i>Hermetia illucens</i>)	Мука из личинок, обезжиренная мука из личинок	Содержит большое количество белка. Аминокислотный профиль сопоставим с аминокислотным профилем рыбной муки. Иммуномодулирующие свойства. Возможность выращивания на вторичном сырье	Могут накапливать загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы и пестициды. Состав питательных веществ личинок может варьироваться в зависимости от их рациона	[24,25]
Большой мучной хрущак (<i>Tenebrio molitor</i>)	Мука из личинок	Содержит большое количество белка и незаменимых аминокислот. Возможность выращивания на вторичном сырье	Могут накапливать тяжелые металлы. Способны вызывать аллергию. Могут содержать патогенные микроорганизмы. Хитин может отрицательно влиять на усвояемость питательных веществ	[24,26]
Тутовый шелкопряд (<i>Bombyx mori</i>)	Мука из куколок, обезжиренная мука из куколок	Содержит большое количество белка. Возможность выращивания на вторичном сырье	Хитин и 1-дезоксигирицимин отрицательно влияют на усвояемость питательных веществ	[27]
Сверчок (<i>Gryllus bimaculatus</i>)	Мука	Содержит большое количество белка и незаменимых аминокислот. Возможность выращивания на вторичном сырье	Nd	[28]
Египетская хлопковая совка (<i>Spodoptera littoralis</i>)	Мука из личинок	Содержит более высокие уровни сырого белка, сырого жира, сырой клетчатки, углеводов и валовой калорийности, чем мясокостная мука. Уровень лизина, фенилаланина, треонина и изолейцина выше, чем в мясокостной муке	Nd	[29]
Кузнечик (<i>Oxya hyla hyla</i>)	Мука из имаго	Содержит большое количество белка и незаменимых аминокислот	Nd	[30]
Мадагаскарский таракан (<i>Gromphadorhina portentosa</i>)	Мука	Содержание сырого белка порядка 60% Более мягкие условия культивирования по сравнению с черной львинкой	Нет литературных сведений о показателях продуктивности	[31]

групп оказался больше, чем у контрольной, что в дальнейшем способно обеспечить большую прочность и защищенность продукции.

С другой стороны, в работе [35] различий между перепелами-бройлерами, обусловленных добавлением муки из личинок *Hermetia illucens* в рацион за счет частичной замены соевого шрота и масла, не выявлено: во всех исследуемых группах наблюдался одинаковый убойный вес, прирост живой массы, потребление корма, коэффициент конверсии корма и уровень смертности. Микробиологический состав фекалий не различался между анализируемыми группами по показателям общего количества жизнеспособных микроорганизмов, энтеробактерий, БГКП, клостридий, *Lactobacillus* spp. и *Bacillus* spp, что соотносится с рассмотренным выше исследованием авторов Pasotto D. и van Emmenes L. [33]. В нем также не обнаруживались различия в показателях БГКП, *Lactobacillus* spp и других, таких как *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Pseudomonas* spp, между контрольной и экспериментальной группой. Таким образом, авторы [35] говорят об отсутствии как положительного, так и отрицательного влияния муки из черной львинки на продуктивность перепелов-бройлеров, что подтверждает возможность ее использования в кормах. Преимуществом муки из насекомого по сравнению с традиционными компонентами кормов может стать более высокая экологичность, а также увеличение разнообразия видов белкового сырья для кормопроизводства.

Для эффективного и безопасного использования новых компонентов в кормах необходимо учитывать не только продуктивность и экономическую целесообразность, но и изменение состава продукции, получаемой при выращивании перепелов (мяса и яиц). В работе [36] выявлено, что включение муки из личинок *Hermetia illucens* (10% и 15%) в рацион перепелов-бройлеров с частичной заменой соевого шрота и масла обеспечило увеличение количества аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, аланина, серина, тирозина и треонина в мясе. Однако включение в рацион перепелов муки из личинок *Hermetia illucens* значительно изменило соотношение жирных кислот. С увеличением количества муки из личинок *Hermetia illucens* увеличилось общее содержание насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот в ущерб полиненасыщенных жирных кислот, что снизило полезные свойства мяса. Несмотря на это, профиль жирных кислот личинок черной львинки можно улучшить путем модуляции кормового субстрата, о чем свидетельствует работа [37]. Так, например, использование рыбных субпродуктов в выращивании черной львинки увеличило долю омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (эйкозапентаеновой и докозагексаеновой) в мясе перепелов-бройлеров, что способно благоприятно воздействовать на здоровье человека.

Другим насекомым, рассматриваемым в научных публикациях как альтернативный источник белка в рационах перепелов, является большой мучной хрущак (*Tenebrio molitor*). В работе [38] исследовалось влияние включения муки из личинок *Tenebrio molitor* взамен рыбной муки на показатели роста, на характеристики туши и на качество мяса перепелов-бройлеров. В результате исследования было выявлено, что перепела, получавшие 22,5 и 30 г/кг муки из личинок *Tenebrio molitor*, имели наилучшие коэффициенты конверсии корма по сравнению с другими группами и наибольшую массу тела. Не было выявлено влияния экспериментального рациона на показатели относительной массы печени, сердца и желудка. В исследовании авторов S. Sarica и B. Kanoglu также рассматривалась возможность замены рыбной муки в рационе перепелов мукой из личинок *Tenebrio molitor*. Проводилось сравнение кормов с 0, 25, 50, 75 и 100% заменой рыбной муки на муку из личинок большого мучного хрущака. В результате исследования было установлено, что контрольный рацион, а также рационы с 25% и 50% заменой муки из личинок *Tenebrio molitor* продемонстрировали наибольшую конечную массу тела и прирост массы перепелов. Включение муки из личинок большого мучного хрущака в рацион перепелов снизило уровень холестерина и триглицеридов в сыворотке крови птиц по сравнению с контрольной группой. Авторы пришли к выводу, что замена до 50% рыбной муки мукой из личинок *Tenebrio molitor* может осуществляться, не влияя на исследуемые показатели продуктивности перепелов [26].

Перспективным вариантом включения муки из личинок *Tenebrio molitor* в рацион перепелов с точки зрения полученного результата является ее добавление совместно с порошком из листьев оливы европейской (*Olea europaea*). Листья оливы европейской (*Olea europaea*) обладают гипотензивными, гипогликемическими, антиоксидантными и противомикробными свойствами. В исследовании [39] изучалось воздействие добавления порошка из листьев оливы европейской (*Olea europaea*) и муки из личинок *Tenebrio molitor* в рацион перепелов на продуктивность, выход туши и показатели крови. Совместное включение муки из *Tenebrio molitor* (3%) и порошка из

листьев оливы европейской (2%) значительно увеличило живой вес у перепелов в возрасте от 3 до 5 недель. У перепелов, употреблявших рацион с добавлением исключительно 3% порошка из *Olea europaea*, наблюдался наилучший коэффициент конверсии корма по сравнению с другими группами. Все экспериментальные рационы не повлияли на показатели крови птиц.

Менее изученными видами насекомых с точки зрения наличия научной литературы по тематике их применения в рационах перепелов являются сверчок (*Gryllus bimaculatus*), мадагаскарский таракан (*Gromphardorhina portentosa*), египетская хлопковая совка (*Spodoptera littoralis*), кузнечик (*Oxya hyla hyla*) и тутовый шелкопряд (*Bombyx mori*).

В исследовании [28] рассматривалась возможность замены рыбной муки в рационах самок-перепелов мукой из сверчка (*Gryllus bimaculatus*). Авторы выявили, что включение муки из *Gryllus bimaculatus* на уровне от 2 до 8% существенно увеличивает яйценоскость, вес яйца, вес яичного белка и скорлупы перепелов. Несмотря на то, что экспериментальные рационы не повлияли на потребление и конверсию корма, в результате проведенного исследования отмечено, что мука из сверчка может частично заменять рыбную муку и использоваться как ингредиент в рационах перепелов.

В исследовании [29] изучалась возможность замены мясокостной муки в рационе перепелов мукой из личинок египетской хлопковой совки (*Spodoptera littoralis*). В результате проведенного исследования выявлено, что замена мясокостной муки мукой из личинок *Spodoptera littoralis* (от 50 до 100%) увеличила прирост живой массы тела перепелов и улучшила коэффициент конверсии корма. Кроме того, согласно проведенным расчетам, это позволило снизить стоимость корма.

В работе [31] оценивалось влияние добавления муки из мадагаскарского таракана (*Gromphardorhina portentosa*) на гематологические и гистопатологические показатели перепелов в возрасте 1–35 дней. Добавление экспериментального рациона на уровнях от 6 до 18% и пол перепелов не оказало существенного влияния на исследуемые гематологические показатели крови. Гистопатологические исследования поджелудочной железы, двенадцатиперстной кишки, тонкой и подвздошной кишки не выявили различий между рационами. В результате проведенного исследования авторы пришли к выводу, что добавление до 18% муки из мадагаскарского таракана в рационы перепелов не влияет на состояние их здоровья.

В исследовании [30] рассматривалась возможность включения муки из имаго кузнечика (*Oxya hyla hyla*) в рацион перепелов на уровнях 50 г/кг, 100 г/кг и 150 г/кг. Авторы выявили, что группа перепелов, в рацион которых добавляли 100 г/кг муки из имаго кузнечика, показала лучшие результаты по увеличению массы тела, по коэффициенту конверсии корма и по яйценоскости по сравнению с особями, потреблявшими корма с аналогичными концентрациями соевой или рыбной муки. Кроме того, не было обнаружено значимого воздействия экспериментальных рационов на биохимические показатели крови перепелов и на лейкоцитарную формулу.

Куколки тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) представляют собой побочный продукт производства шелка, который часто рассматривают как отходы. При этом они являются богатым источником белка и липидов. В исследовании [27] отмечается, что включение муки из куколки тутового шелкопряда отрицательно влияет на усвояемость питательных веществ у перепелов из-за наличия хитина и 1-дезоксигиримицина. Авторы пришли к выводу, что существует необходимость в дальнейших исследованиях возможности добавления муки из куколки *Bombyx mori* в рацион перепелов после удаления вышеупомянутых веществ.

Таким образом, в большинстве исследований описывается положительное влияние включения насекомых в корма для перепелов в качестве источника белка. Они являются естественным источником пищи для птиц и способны увеличивать продуктивность и положительно влиять на здоровье перепелов. Кроме того, меняя состав кормового субстрата насекомых, можно частично менять состав самих насекомых и тем самым создавать обогащенные определенными веществами корма, которые затем будут накапливаться в мясе перепелов. Наиболее перспективным кандидатом на данный момент является черная львинка. Она содержит около 40% белка и может быть выращена на низкопитательных отходах сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

5. Водоросли

Благодаря высокому содержанию питательных веществ и потенциально положительному влиянию на здоровье, водоросли рассматриваются как возможный ингредиент в рационах перепелов (Таблица 3).

Таблица 3. Использование водорослей как альтернативного источника белка в кормах для перепелов

Table 3. The use of algae as an alternative protein source in feeds for quails

Источник белка	Форма	Преимущества	Возможные недостатки	Источник
<i>Микроводоросли</i>				
Спирулина (<i>Spirulina platensis</i> и <i>Arthrospira platensis</i>)	Порошок	Содержит большое количество белка и незаменимых аминокислот. Противовоспалительные и иммуномодулирующие свойства. Может снижать концентрацию холестерина в яичном желтке перепелов. Природный источник каротиноидов, поэтому может улучшить цвет мяса и желтка	Может накапливать тяжелые металлы. Способна вызывать аллергию. Может содержать патогенные микроорганизмы	[5,24]
Хлорелла (<i>Chlorella vulgaris</i>)	Порошок	Содержит большое количество белка и незаменимых аминокислот. Иммуномодулирующие свойства	Может накапливать тяжелые металлы. Способна вызывать аллергию. Может содержать патогенные микроорганизмы. Имеет высокую стоимость	[24]
<i>Schizochytrium</i> sp.	Порошок	Обогащение яиц омега-3 жирными кислотами. Может улучшать цвет желтка	Nd	[40]
<i>Макроводоросли</i>				
<i>Sargassum cristafolium</i>	Порошок	Может повышать яйценоскость	Nd	[41]
<i>Gracilaria pulvinata</i>	Порошок	Может снижать концентрацию холестерина в яичном желтке перепелов	Nd	[41]
<i>Sargassum</i> sp.	Мука	Антиоксидантная активность. Может способствовать снижению содержания холестерина в перепелиных яйцах и улучшению цвета желтка	Nd	[42]

Например, спирулина имеет большое содержание аминокислот, считается самым богатым в мире природным источником витамина B12 и содержит растительные пигменты, такие как каротин и ксантофилл, обладающие антиоксидантными свойствами [43]. В исследовании [44] оценивалось влияние различных уровней включения порошка из спирулины (*Arthrospira platensis*) вместо соевого шрота на продуктивность и качество мяса перепелов. В результате работы выявлен оптимальный уровень включения спирулины, 4%, продемонстрировавший наилучший рост массы тела и коэффициент конверсии корма. Отмечено, что спирулина может значительно улучшить цвет мяса благодаря содержанию бета-каротина и зеаксантина. В другой работе [45] также была отмечена эффективность добавления 4% порошка из спирулины (*Spirulina platensis*) в рацион перепелов. Птицы, в корм которым добавили 4% порошка из *Spirulina platensis*, продемонстрировали наибольший коэффициент яйценоскости по сравнению с другими исследуемыми группами. Кроме того, данная группа перепелов имела наилучший коэффициент конверсии корма, от 2,8 до 3,3, в зависимости от стадии выращивания.

Другие результаты показаны в работе [43], в которой также оценивалось влияние порошка из спирулины (*Spirulina platensis*) на показатели роста и на качество яиц самок японских перепелов. По результатам исследования, добавление порошка из спирулины не оказало существенного воздействия на коэффициент конверсии корма, на потребление корма, на количество яиц, на вес яйца и на яйценоскость перепелов. Несмотря на это, наблюдались значительные различия по показателям массы тела, веса яичной скорлупы и холестерина в яичном желтке. Наибольшая масса тела к концу эксперимента оказалась у перепелов, получавших в составе рациона 0,5% порошка из спирулины, по сравнению с другими группами. Увеличение количества порошка из спирулины в рационе перепелов снизило концентрацию холестерина в яичном желтке и увеличило вес скорлупы яиц. Аналогично, в исследовании [46] включение порошка из спирулины (*Spirulina platensis*) в рацион перепелов не оказало существенного влияния на такие показатели, как конверсия корма, потребление корма, яйценоскость, масса яйца. Кроме того, рационы существенно не воздействовали на коэффициент перевариваемости сухого вещества и на массу яиц. Тем не менее включение 0,9% порошка из спирулины увеличило массу яичной скорлупы и снизило общее количество липидов в желтке, что повысило качество яиц.

В работе [5] увеличение включения порошка из спирулины (*Spirulina platensis*) в корм перепелам до 15%, с одной стороны, привело к уменьшению доли насыщенных жирных кислот и к увеличению доли мононенасыщенных в яйцах, что благоприятно может сказаться на здоровье людей. Однако снизилась доля омега-3 жирных кислот, таких как α -линоленовая кислота и докозагексаеновая, что, с другой стороны, снизило качество яиц перепелов, употреблявших спирулину. Увеличение включения порошка из спирулины (*Spirulina platensis*) до 15% привело к значимому увеличению интенсивности цвета желтка.

В качестве альтернативного источника белка хлорелла, как и спирулина, богата незаменимыми аминокислотами и каротиноидами. Несмотря на это, в литературе присутствуют сведения о том, что хлорелла является слишком дорогим ингредиентом для использования в качестве белковой составляющей в рационах животных, но при этом она может благоприятно воздействовать на их продуктивность [47]. Исследование, направленное на изучение влияния добавления сушеной хлореллы (*Chlorella vulgaris*) в рацион перепелов, выявило значимое увеличение массы тела птиц в возрасте 1–6 недель при включении 0,5% водорослей [48]. Несмотря на это, при включении 1–4% хлореллы масса тела перепелов оказалась ниже, чем у контрольной группы и группы, получавшей водоросль в количестве 0,5%. В работе Л. Н. Медведевой с соавторами также изучались перспективы включения данного вида водорослей в рацион перепелов породы московский белый гигант [49]. В результате проведенного исследования было выявлено, что добавление 500 мл хлореллы на 10 л воды увеличило выход инкубационных яиц, выход перепелят и дальнейшую их сохранность по сравнению с контрольной группой. В исследовании [50] оценивалось влияние добавления 0,5–4% хлореллы (*Chlorella vulgaris*) на качество яиц самок японских перепелов. Авторы не выявили существенных различий по показателям индекса формы яйца, плотности яйца, толщины скорлупы и цвета желтка между контрольной и экспериментальной группами.

Среди других водорослей, рассматриваемых в качестве возможного ингредиента в рационах перепелов, изучались микроводоросли *Schizochytrium* sp. и макроводоросли *Sargassum cristafolium*, *Gracilaria pulvinata*, *Sargassum* sp.

Авторы исследования, направленного на оценку воздействия различных уровней включения порошка из микроводорослей *Schizochytrium* sp. на продуктивность и качество яиц японских перепелов-несушек, не выявили существенного влияния на данные показатели [40]. Несмотря на это, добавление порошка из *Schizochytrium* sp. в рацион перепелов способствовало обогащению яиц омега-3 жирными кислотами. Кроме того, с увеличением включения порошка из водорослей до 40 г/кг снижалось отношение омега-6/омега-3 жирных кислот, что способно снизить риски возникновения рака, а также сердечно-сосудистых, воспалительных и аутоиммунных заболеваний [51].

В работе [41] изучались возможности использования сухого порошка из водорослей *S. cristafolium* и *G. pulvinata* в качестве добавки в рацион перепелов-несушек. Перепела, получавшие рацион с добавлением порошка из *S. cristafolium* (10 г/кг), имели более высокую еженедельную яйценоскость по сравнению с другими птицами. Кроме того, добавление 20 г/кг порошка из *S. cristafolium* увеличивало массу желтка. Включение в рацион перепелов *G. pulvinata* снизило концентрацию холестерина в яичном желтке и увеличило альбумин яичного белка.

В работе [42] отмечено, что добавление до 7,5% порошка из макроводорослей *Sargassum* sp. в рацион перепелов не оказало существенного влияния на их массу тела и убойный вес, которые остались

в пределах нормы для данного вида. Авторы пришли к выводу, что включение макроводорослей в рационы птиц может привести к снижению зависимости птицеводства от соевого шрота.

Описанные выше результаты показывают, что влияние водорослей на массу перепелов может быть различным, однако большинство исследователей отмечают положительное влияние на яйценоскость и на жирнокислотный состав желтков. Для оценки возможности использования водорослей в кормах для перепелов требуется проведение большего количества исследований, включающих определение их влияния на здоровье птиц и на качество мяса, а также расчет экономической эффективности использования такой добавки.

6. Грибы

Исследований, направленных на изучение использования грибов как альтернативного источника белка в рационах перепелов, значительно меньше, чем аналогичных работ, посвященных применению других источников белка. Известно, что грибы способствуют укреплению здоровья благодаря своим антиоксидантным, антибактериальным, иммуностимулирующим свойствам (Таблица 4).

В исследовании [52] выявлено, что при включении порошка из гриба шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*) на уровнях от 0,5% до 2% возрастал вес перепелов и потребление корма, также наблюдалось значимое улучшение коэффициента конверсии корма при включении 2% порошка по сравнению с другими группами.

В исследовании [53] включение порошка из гриба вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) в рацион перепелов не привело к существенному влиянию на прирост живой массы тела, на потребление корма, на коэффициент конверсии корма, на живую массу при убое и на вес туши. Несмотря на это, включение в рацион 10 и 20 г/кг порошка из *Pleurotus ostreatus* замедляло окисление липидов и улучшало pH, водоудерживающую способность, текстуру и сокращало потерю веса после приготовления мяса, что улучшило его качество. В работе [55] добавление порошка из *Pleurotus ostreatus* в рацион перепелов также не повлияло на прирост в весе, на потребление корма и на коэффициент конверсии корма. Однако положительно сказалось на биохимических показателях крови птиц: с увеличением количества *Pleurotus ostreatus* уменьшились триглицериды, общий холестерин, липопротеины низкой плотности.

В работе [54] изучалось влияние добавления различных количеств порошка из гриба трутовик лакированный (*Ganoderma lucidum*) на продуктивность и физиологические показатели японских перепелов. В результате исследования было выявлено, что коэффициент конверсии корма экспериментальных групп перепелов, в рацион которых входили 1 и 1,5 г/кг порошка из *Ganoderma lucidum*, оказался значительно лучше, чем у контрольной группы. Кроме того, при

включении 1 г/кг порошка наблюдалась наибольшая яйценоскость и масса яиц по сравнению со всеми другими группами.

Таким образом, хотя на данный момент не так много работ, посвященных исследованию включения грибов в корма для перепелов, согласно описанным выше данным, грибы являются перспективным альтернативным источником белка для этой цели. Добавление порошка из грибов может способствовать возрастанию продуктивности перепелов и уменьшению коэффициента конверсии корма, а также улучшению качества мяса. Однако для принятия решения о безопасности использования конкретного вида гриба в дальнейшем требуется проведение большего количества исследований, в том числе посвященных влиянию таких добавок на здоровье птиц и на состав получаемой продукции.

7. Выводы

В работе рассмотрены возможности использования растений, насекомых, водорослей и грибов как альтернативных источников белка в рационах перепелов. Традиционными растительными ингредиентами в кормах для птицеводческой отрасли являются соя и кукуруза. Тем не менее ряд исследований демонстрирует, что рецептуры кормов для перепелов можно улучшить благодаря более экологичным и экономичным источникам растительного белка. Ввиду возможности использования побочных продуктов перспективным растительным источником белка являются сушеные листья маниоки, 10%-ное добавление которых улучшило конверсию корма. Среди насекомых черная львинка (*Hermetia illucens*) является одним из самых многообещающих видов насекомых и может быть использована в качестве альтернативного источника белка в кормах для перепелов до 15% уровня включения. Включение муки из сверчка (*Gryllus bimaculatus*) на уровне от 2 до 8% способно увеличить яйценоскость и качественные показатели яиц. Среди водорослей следует выделить спирулину (*Spirulina platensis* и *Arthrospira platensis*), при добавлении 4% порошка из которой у перепелов улучшились показатели продуктивности. Исследования возможности добавления грибов в рацион перепелов в настоящее время остаются ограниченными. Однако добавление порошка из грибов шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*) и вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) в рацион перепелов продемонстрировало положительные результаты по показателям продуктивности. Перспективным направлением в птицеводстве является совместное использование нескольких ингредиентов, например, насекомых и растений, в качестве альтернативных источников белка в кормах. Дальнейшие исследования использования альтернативных источников белка в рационах перепелов рекомендуется сосредоточить на более детальном изучении безопасности данных источников, а также на экономической целесообразности их включения в корма.

Таблица 4. Использование грибов как альтернативного источника белка в кормах для перепелов

Table 4. The use of mushrooms as an alternative protein source in feeds for quails

Источник белка	Форма	Преимущества	Возможные недостатки	Источник
Шампиньон двуспоровый (<i>Agaricus bisporus</i>)	Порошок из плодового тела	Иммуномодулирующие свойства	Nd	[52]
Вешенка обыкновенная (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Порошок из плодового тела	Антиоксидантные, иммуномодулирующие, антигиперлипидемические, антибактериальные свойства	Nd	[53]
Трутовик лакированный (<i>Ganoderma lucidum</i>)	Порошок из плодового тела	Способен улучшить состояние сердечно-сосудистой системы	Nd	[54]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Marangoni, F., Corsello, G., Cricelli, C., Ferrara, N., Ghiselli, A., Lucchin, L. et al. (2015). Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: An Italian consensus document. *Food and Nutrition Research*, 59(1), Article 27606. <https://doi.org/10.3402/fnr.v59.27606>
- OECD Agriculture Statistics. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/data/oecd-agriculture-statistics_agr-data-en Accessed March 1, 2024
- Cheng, K. M., Bennett, D. C., Mills, A. D. (2010). The Japanese quail. Chapter in a book: The IFAW handbook on the care and management of laboratory and other research animals. Wiley-Blackwell, 2010. <https://doi.org/10.1002/9781444318777.ch42>
- Elahi, U., Xu, C., Wang, J., Lin, J., Wu, S., Zhang, H. et al. (2022). Insect meal as a feed ingredient for poultry. *Animal Bioscience*, 35(2), 332–346. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0435>
- Boiago, M. M., Dilkin, J. D., Kolm, M. A., Barreta, M., Souza, C. F., Baldissera, M. D. et al. (2019). *Spirulina platensis* in Japanese quail feeding alters fatty acid profiles and improves egg quality: Benefits to consumers. *Journal of Food Biochemistry*, 43(7), Article e12860. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12860>
- Thrane, M., Paulsen, P. V., Orcutt, M. W., Krieger, T. M. (2017). *Soy Protein: Impacts, Production, and Applications. Sustainable Protein Sources*. Academic Press, 2017. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802778-3.00002-0>
- Obregón, J. F., Bell, C., Elenes, I., Estrada, A., Portillo, J. J., Ríos, F. G. (2012). Effect of discarded chickpea (*Cicer arietinum* L.) cooking on the productive response and carcass yield of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) at the fattening stage. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(2), 169–175.
- Grasso, N., Lynch, N. L., Arendt, E. K., O'Mahony, J. A. (2022). Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 435–452. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12878>
- Variath, M. T., Janila, P. (2017). Economic and academic importance of peanut. Chapter in a book: *The Peanut Genome*. Springer, 2017. https://doi.org/10.1007/978-5-319-63935-2_2
- Bittencourt, T. M., D'Ávila Lima, H. J., Valentim, J. K., Martins, A. C. D. S., Moraleco, D. D., Vaccaro, B. C. (2019). Distillers dried grains with solubles from corn in diet of Japanese quails. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41(1), Article 42759. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42759>

11. Freitas, E. R., Raquel, D. L., Nascimento, A. J. N., Watanabe, P. H., Lopes, I. R. V. (2014). Complete replacement of corn by white or red sorghum in Japanese quail feeds. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16(3), 333–336. <https://doi.org/10.1590/1516-635x1603333-336>
12. Rahman, M. M., Suniza Anis, B. M. S., Jennleyn, A. J. (2019). Growth performance and carcass characteristics of Japanese quail fed rations with inclusion of different levels of broken rice. *Malaysian Journal of Animal Science*, 22(2), 27–33.
13. Moraes, P. D. O., Gopinger, E., Catalan, A. A., Castro, M. L. S. de, Elias, M. C., Xavier, E. G. (2015). Effect of feeding canola meal to laying Japanese quails. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(3), 295–299. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i3.26437>
14. Silva Júnior, P. A., Lana, S. R. V., Lana, G. R. Q., Silva, L. C. L., Torres, E. C., Ferreira, T. S. (2017). Cassava foliage in quail feeding. *Acta Veterinária Brasileira*, 11(3), 150–156. <https://doi.org/10.21708/avb.2017.11.0.6921>
15. Diarra, S. S., Devi, A. (2015). Feeding value of some cassava by-products meal for poultry: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(10), 735–741. <https://doi.org/10.5923/pjn.2015.735.741>
16. Kumar, M., Tomar, M., Punia, S., Grasso, S., Arrutia, F., Choudhary, J. et al. (2021). Cottonseed: A sustainable contributor to global protein requirements. *Trends in Food Science and Technology*, 111, 100–113. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.058>
17. Kamel, E. R., Mohammed, L. S., Abdelfattah, F. A. (2020). Effect of a diet containing date pits on growth performance, diet digestibility, and economic evaluation of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Tropical Animal Health and Production*, 52(1), 339–346. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02021-x>
18. Dahouda, M., Adjolohoun, S., Montchowui, E. H., Senou, M., Hounsou, N. M. D., Amoussa, S. et al. (2013). Growth performance of quails (*Coturnix coturnix*) fed on diets containing either animal or vegetable protein sources. *International Journal of Poultry Science*, 12(7), 396–400. <https://doi.org/10.3923/ijps.2013.396.400>
19. Chah, C. C., Nelson, R. A., Carlson, C. W., Semeniuk, G., Palmer, I. S., Hesselstine, C. W. (1976). Fungus-fermented soybeans benefit the life cycle of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science*, 55(3), 975–981. <https://doi.org/10.3382/ps.0550975>
20. Odunsi, A. A., Rotimi, A. A., Amao, E. A. (2007). Effect of different vegetable protein sources on growth and laying performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) in a derived savannah zone of Nigeria. *World Applied Sciences Journal*, 3(5), 567–571.
21. Kaur, R., Prasad, K. (2021). Nutritional characteristics and value-added products of Chickpea (*Cicer arietinum*) — A review. *Journal of Postharvest Technology*, 9(2), 1–13.
22. Şengül A. Y., Çalıřlar S. (2020). Effect of partial replacement of soybean and corn with dietary chickpea (raw, autoclaved, or microwaved) on production performance of laying quails and egg quality. *Food Science of Animal Resources*, 40(3), 323–337. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e98>
23. Berto, D. A., Garcia, E. A., Móri, C., Faitarone, A. B. G., Pelicia, K., Molino, A. B. (2007). Performance of Japanese quails fed feeds containing different corn and limestone particle sizes. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 9(3), 167–171. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2007000300005>
24. Hadi, J., Brightwell, G. (2021). Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. *Foods*, 10(6), Article 1226. <https://doi.org/10.3390/foods10061226>
25. Widjastuti, T., Wiradimadja, R., Rusmana, D. (2014). The effect of substitution of fish meal by Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) maggot meal in the diet on production performance of quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 57(2), 125–129.
26. Sarica, S., Kanoglu, B., Yildirim, U. (2020). Defatted yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) meal as possible alternative to fish meal in quail diets. *South African Journal of Animal Science*, 50(3), 481–491. <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i3.15>
27. Dalle Zotte, A., Singh, Y., Squartini, A., Stevanato, P., Cappellozza, S., Kovitvadh, A. et al. (2021). Effect of a dietary inclusion of full-fat or defatted silkworm pupa meal on the nutrient digestibility and faecal microbiome of fattening quails. *Animal*, 15(2), Article 100112. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100112>
28. Permatohati, D., Mutia, R., Astuti, D. A. (2019). Effect of cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on production and physical quality of Japanese quail egg. *Tropical Animal Science Journal*, 42(1), 53–58. <https://doi.org/10.5398/tasj.2019.42.1.53>
29. Hatab, M. H., Ibrahim, N. S., Sayed, W. A., Sabc, E. M. (2020). Potential value of using insect meal as an alternative protein source for Japanese quail diet. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(1), 1–9. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0700>
30. Das, M., Mandal, S. K. (2014). *Oxya hyla hyla* (Orthoptera: Acrididae) as an alternative protein source for Japanese quail. *International Scholarly Research Notices*, 3–4, Article 269810. <https://doi.org/10.1155/2014/269810>
31. de Freitas Soares, P. D., de Jesus, C. A., Ferreira, F., de Oliveira, L. B., Ecco, R., de Oliveira Paes Leme, F. et al. (2022). Hematological and histopathological evaluation of meat-type quails fed Madagascar cockroach meal. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), Article 128. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03118-6>
32. Scala, A., Cammack, J. A., Salvia, R., Scieuzo, C., Franco, A., Bufo, S. A. et al. (2020). Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale. *Scientific Reports*, 10(1), Article 19448. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8>
33. Pasotto, D., van Emmenes, L., Cullere, M., Giaccone, V., Pieterse, E., Hoffman, L. C. et al. (2020). Inclusion of *Hermetia illucens* larvae reared on fish offal to the diet of broiler quails: Effect on immunity and caecal microbial populations. *Czech Journal of Animal Science*, 65(6), 213–223. <https://doi.org/10.17221/60/2020-CJAS>
34. Dalle Zotte, A., Singh, Y., Michiels, J., Cullere, M. (2019). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) as dietary source for laying quails: Live performance, and egg physico-chemical quality, sensory profile and storage stability. *Animals*, 9(3), Article 115. <https://doi.org/10.3390/ani9030115>
35. Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S. et al. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, 10(12), 1923–1930. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001270>
36. Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Acuti, G., Marangon, A., Dalle Zotte, A. (2018). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal*, 12(3), 640–647. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001860>
37. Cullere, M., Woods, M. J., van Emmenes, L., Pieterse, E., Hoffman, L. C., Dalle Zotte, A. (2019). *Hermetia illucens* larvae reared on different substrates in broiler quail diets: Effect on physicochemical and sensory quality of the quail meat. *Animals*, 9(8), Article 525. <https://doi.org/10.3390/ani9080525>
38. Zadeh, Z. S., Kheiri, F., Faghani, M. (2019). Use of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a protein source on growth performance, carcass traits, meat quality and intestinal morphology of Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Veterinary and Animal Science*, 8, Article 100066. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100066>
39. Ait-Kaki, A., Hornick, J.-L., El Otmani, S., Chebli, Y., Moula, N. (2021). Effect of dried mealworms (*Tenebrio molitor*) larvae and olive leaves (*Olea europaea* L.) on growth performance, carcass yield and some blood parameters of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Animals*, 11(6), Article 1631. <https://doi.org/10.3390/ani11061631>
40. Santana, L. da C., Mendonça, M. de O., Silva, V. R. O., Castro, M. das D. A., Costa, P. K. F., Moura, G. de S. et al. (2021). Performance and egg quality of Japanese quail fed diets containing microalgae *Schizochytrium* sp. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, Article e20200161. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200161>
41. Habibi, H., Ghahtan, N., Kohanmoo, M. A. (2019). Evaluation of dietary medicinal plants and algae in laying Japanese quails. *Journal of World's Poultry Research*, 9(2), 82–88. <https://doi.org/10.36380/jwpr.2019.10>
42. Oliveira, A. G. de, Furtado, D. A., Ribeiro, N. L., Marques, J. I., Leite, P. G., Mascarenhas, N. M. H. et al. (2023). Marine macroalgae as an alternative in the feeding of broiler quails in an environment of thermal stress. *Food Science and Technology*, 43, Article e116122. <https://doi.org/10.5327/fst.116122>
43. Dogan, S. C., Baylan, M., Erdogan, Z., Akpinar, G. C., Kucukgul, A., Duzguner, V. (2016). Performance, egg quality and serum parameters of Japanese quails fed diet supplemented with *Spirulina platensis*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12a), 5857–5862.
44. Cheong, D. S. W., Kasim, A., Sazili, A. Q., Hishamuddin, O. M. A. R., Teoh, J. Y. (2016). Effect of supplementing *Spirulina* on live performance, carcass composition and meat quality of Japanese quail. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 15(2), 77–84. <https://doi.org/10.14456/WJST.2016.8>
45. Abbass, M. S., Bandr, L. K., Alkhalani, F. M. H. (2022). Effect of adding different levels of spirulina algae (*Spirulina platensis*) to the diet of Japanese quail on the productive performance. *Research Journal of Science*, 3(1), 41–50.
46. Oliveira, M. C. de, Oliveira, M. A. D., Gonçalves, N. R., Ferreira, P. do C., Lima, D. S., Arantes, U. M. (2024). *Spirulina* in diets of Japanese quail: Productive performance, digestibility, and egg quality. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 46, Article e63043. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v46i1.63040>
47. Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Józefiak, D. (2015). Application of microalgae biomass in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 663–672. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002457>
48. Amritha, N., Revathi, K., Babu, M. (February 11–13, 2016). Effect of green algae (*Chlorella vulgaris*) on the production performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). Proceedings of XV AZRA International Conference on “Recent Advances in Life Sciences”. Applied Zoologists Research Association (AZRA), Bhubaneswar, India 2016.
49. Медведева, Л. Н., Зорькина, О. В., Московец, М. В. (2022). Разведение перепелов в личных подсобных хозяйствах с включением в рацион питания *Chlorella Vulgaris*. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство, 17(4), 499–513. [Medvedeva, L. N., Zorkina, O. V., Moskovets, M. V. (2022). Use of *Chlorella vulgaris* as a dietary supplement for quails bred at private farms. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 17(4), 499–513. (In Russian)] <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-4-499-513>
50. Anjalai, K., Revathi, K., Vidhya, G. (2020). Effect of dietary supplementation of *Chlorella vulgaris* (green microalgae) on egg quality characteristics of Japanese quail. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 24(1), 51–55.
51. Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56(8), 365–379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3522\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3522(02)00253-6)
52. Asadi-Dizaji, A., Shahryar, H.A., Shaddel-Tili, A., Maheri-Sis, N., Ghiasi-Ghalehkandi, J. (2014). Effect of common mushroom (*Agaricus bisporus*) levels on growth performance and carcass yields of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3(7), 1–5.
53. Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Ibarra-Arias, F. J., Portillo-Loera, J. J., Rios-Rincón, F. G., Sánchez-Escalante, A. (2018). Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail. *Livestock Science*, 207, 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.015>
54. Al-Tikriti, S. S., Al-douri, A. H. I. (2019). The effect of the adding *Ganoderma lucidum* fungus powder in the production performance for the brown Japanese Quail bird. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 10(7), 695–679. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2019.01652.8>
55. Asadi-Dizaji, A., Shahryar, H. A., Maheri-Sis, N. (2017). Effect of levels of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on performance and blood biochemical characteristics in Japanese quails (*Coturnix coturnix*). *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7(4), 687–691.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Полубесова Мария Андреевна — специалист по маркетингу, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 190000, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7 (812) 273-75-24 E-mail: m.polubesova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8253-6225 * автор для контактов</p>	<p>Mariia A. Polubesova, Marketer, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 190000, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-273-75-24 E-mail: m.polubesova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8253-6225 * corresponding author</p>
<p>Мечтаева Елизавета Владимировна — младший научный сотрудник, лаборатория промышленных биотехнологических инноваций, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 190000, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7 (812) 273-75-24 E-mail: e.mechtaeva@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7879-7994</p>	<p>Elizaveta V. Mechtaeva, Junior Researcher, Laboratory of Industrial Biotechnological Innovations, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 190000, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-273-75-24 E-mail: e.mechtaeva@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7879-7994</p>
<p>Чернов Александр Дмитриевич — заместитель руководителя Северо-Западной испытательной лаборатории, Федеральный центр охраны здоровья животных 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 15 Тел.: +7 (812) 630-20-69 E-mail: 4ern@inbox.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2920-7059</p>	<p>Aleksandr D. Chernov, Deputy Director of Federal Centre for Animal Health 15, Moskovskoe shosse, 196158, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-630-20-69 E-mail: 4ern@inbox.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2920-7059</p>
<p>Ситнов Вениамин Юрьевич — директор, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 190000, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7 (812) 273-75-24 E-mail: v.sitnov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1927-1997</p>	<p>Veniamin Yu. Sitnov, Director, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 190000, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-273-75-24 E-mail: v.sitnov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1927-1997</p>
<p>Журавлева Айгуль Зарифовна — кандидат ветеринарных наук, заместитель директора по качеству, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 190000, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7 (812) 273-75-24 E-mail: a.zhuravleva@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0003-2683-269X</p>	<p>Aigul Z. Zhuravleva, Candidate of Veterinary Sciences, Deputy Director, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 190000, St. Petersburg, Russia Tel.: +7 (812) 273-75-24 E-mail: a.zhuravleva@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0003-2683-269X</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>