

РОЛЬ НАСЕКОМЫХ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА БЕЛКА В КОРМЛЕНИИ ПТИЦЫ: ОБЗОР

Чала Эдеа¹, доктор философии, научный сотрудник отдела животноводства,

Верхотуров Василий Владимирович², доктор биологических наук, профессор кафедры производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции,

Ульрих Елена Викторовна², доктор технических наук, профессор кафедры производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции

¹ Эфиопский институт сельскохозяйственных исследований, Аддис-Абеба, Эфиопия

² ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 236022, г. Калининград, пр-т Советский, 1, тел.: +7-904-960-94-96,
e-mail: elen.ulrich@mail.ru

Ключевые слова: альтернативный белок, насекомые, птица, корма, мука, питательная ценность.

В настоящее время производители мяса птицы в развивающихся странах сталкиваются с проблемами высокой стоимости и низкого качества кормов для птицы, доступных на рынке. Целью данной статьи является оценка текущих исследований, связанных с использованием насекомых в качестве альтернативного источника белка для птицы, и возможностью крупномасштабного производства насекомых при получении кормов для птицы. Насекомые обладают огромным потенциалом по содержанию белка, а также других активных веществ (полиненасыщенные жирные кислоты, антимикробные пептиды и др.) при изготовлении кормов для домашней птицы. На основании многих исследований мука насекомых из черной львинки, комнатной мухи, мучных червей, дождевых червей, тутового шелкопряда, кузнечиков и саранчи может успешно использоваться в качестве кормовых ингредиентов в рационах домашней птицы. Информация об их питательном составе и биологической оценке была собрана и сравнена с соевой и рыбной мукой. Предполагается, что насекомые могут быть альтернативным источником белка для кур из-за наличия такого же содержания жира 30-40 % и содержания протеина около 40-60%, что и соевая или рыбная мука. В целом мука из насекомых имеет содержание белка, аналогичное соевой муке, но немного ниже, чем рыбная мука. Благодаря высокой питательной ценности и большому ареалу обитания насекомые являются выгодным и потенциально устойчивым кормовым ресурсом в кормлении птицы. Более того, использование насекомых в качестве корма для кур не находится в прямой конкуренции с пищевым ресурсом для человека. Доступная литература поддерживает возможность полной или частичной замены рыбной и соевой муки мукой из насекомых. Таким образом, биология и среда обитания насекомых делают их многообещающим решением для переработки отходов животноводства и решения проблем в кормлении животных.

Введение

Ожидается, что к 2050 году численность населения возрастет примерно до 9 миллиардов человек, что, возможно, будет сопровождаться 70-процентным увеличением спроса на животные белки. Этот рост населения в глобальном масштабе приведет к значительному увеличению ассортимента продуктов питания, а также к изменениям в образе жизни и предпочтениях в еде, что, в свою очередь, приведет к увеличению спроса на животный белок. Это повлияет на спрос на корма для скота и неизбежно потребует повышенных затрат и без того ограниченных ресурсов [1]. Растущая интенсивность птицеводства требует большего количества белка в кормах для удовлетворения потребности в аминокислотах при выращивании птицы и производстве яиц. Производители мяса птицы сталкиваются с большими трудностями в связи с наличием и более высокими ценами на кормовые ингредиенты.

Среди проблем птицеводческой отрасли в развивающихся странах - высокие цены на со-

евый шрот и кукурузу, которые используются в основном для составления рационов домашней птицы. Стоимость корма составляет от 65% до 75% от общей стоимости производства в России и примерно 50% до 60% в развитых странах, поэтому снижение стоимости кормов является важной задачей в птицеводстве. Увеличение стоимости кормов и ограниченное количество источников животного белка в кормах птицы привели к использованию альтернативных растительных белков, частично или полностью заменяющих животный белок в кормах [2].

Таким образом, поиск альтернативных источников кормов для птицы является актуальной задачей. Из-за высокого содержания питательных веществ и минимального воздействия на окружающую среду насекомые рассматривались в качестве потенциальной замены рациона для животных с однокамерным желудком. Действительно, они производят низкие выбросы парниковых газов и аммиака, имеют благоприятный коэффициент конверсии корма и требуют не-

большого количества воды для роста. Похоже, что потребители готовы принимать продукты, полученные с использованием этого нетрадиционного сырья. Более того, они могут обеспечивать животных кормом для биопреобразования пищевых отходов, таким образом, в конечном счете, не конкурируя с людьми за природные ресурсы [3].

Цель настоящей статьи – провести анализ зарубежной литературы, посвящённой применению насекомых в качестве альтернативного источника белка при кормлении сельскохозяйственной птицы в природно-климатических условиях стран африканского континента.

Альтернативные источники белкового корма для птицы

Белки растительного и животного происхождения составляют большой и важный сегмент рациона животных. Полезность белка зависит от его способности снабжать животное достаточным количеством незаменимых аминокислот, особенно животных с однокамерным желудком, таких как птицы, а также от усвояемости и безвредности белка. Белки состоят из аминокислот, которые необходимы для поддержания, размножения и роста животного. Основными белковыми ингредиентами, используемыми в рационах птицы, являются рыбная мука и соя [4].

Доступные в настоящее время источники растительного белка для птицы включают соевую муку, рапсовую муку, бобовые и различные побочные продукты зерновых культур. Однако спрос на корма для птицы удвоится, что приведет к дальнейшему увеличению спроса на белковые ингредиенты, такие как соевые бобы, хлопковый жмых. Кроме того, аминокислотный состав растительных белков для птицы уступает таковому белков животного происхождения, особенно по содержанию в них незаменимых серосодержащих аминокислот, в частности метионина. Соевые бобы богаты маслами (160-210 г/кг) и содержат все незаменимые аминокислоты, необходимые животным для оптимальной работы, однако концентрации цистеина и метионина ниже требуемых. Это потенциальная проблема, так как метионин является первой лимитирующей аминокислотой, особенно в рационах птицы, богатых энергией. С другой стороны, площадь земли, которую можно использовать для выращивания соевых бобов и других растительных источников белка, во всем мире сокращается, а чрезмерный вылов рыбы в морях по-прежнему ограничивает количество мелких пелагических рыб, которые являются основным источником рыбной муки [5].

Насекомые как альтернативный источник протеина

Наличие незаменимых аминокислот, позволяющих птице быстро расти за короткий промежуток времени, является решающим аспектом кормления птицы. В связи с этим рационы на основе муки из насекомых (которые служат основным источником белка в рационе) сочетаются с кормами, чтобы компенсировать нехватку аминокислот в растительных белках. Производство сои связано с обезлесением, эрозией почвы, эвтрофикацией, широким использованием пестицидов, утратой биоразнообразия и огромным выбросом CO₂. Рост цен на соевые бобы в последнее время также стал решающим фактором экономической жизнеспособности сектора куриного мяса, особенно в некоторых развивающихся странах. Часто кормовой рацион основан на рыбе, выращиваемой в аквакультуре, или на морских видах рыб. Из-за проблем с чрезмерным выловом рыбы и загрязнением окружающей среды морскую рыбу можно рассматривать как ограниченный ресурс. Рост цен на соевые бобы в последнее время также стал решающим фактором экономической жизнеспособности сектора куриного мяса, особенно в некоторых развивающихся странах [6].

Насекомые являются наиболее многочисленными видами, составляющими 70% видов животных, и их биомасса может быть очень высокой в некоторых экосистемах. Большинство насекомых родом из тропиков и субтропиков мира. Однако, тропические зоны и зоны с более мягким умеренным климатом между примерно 45° северной широты и 40° южной широты в настоящее время населены различными видами насекомых. Существуют виды насекомых, которые чрезвычайно устойчивы и способны справляться с неблагоприятными условиями окружающей среды, такими как засуха, нехватка пищи или дефицит кислорода, например, личинки черной мухи. Сообщалось о 246 видах съедобных насекомых из 27 стран Африки. Установлено, что с 524 видами, идентифицированными в 34 африканских странах, Африка является одним из самых значительных очагов биоразнообразия съедобных насекомых в мире. В Кении, Нигерии, Танзании, Южной Африке и Уганде исследователи изучают возможность выращивания рыбы и птицы без рыбной муки [7].

По сравнению с традиционными рационами для птицы на основе рыбной и соевой муки различные виды насекомых имеют более высокое содержание белка и эффективный коэффициент

ент преобразования пищи. В опытах по кормлению животных различными видами насекомых и животноводства насекомые могут заменить 25–100% соевой или рыбной муки в зависимости от животного и типа насекомых. Насекомые содержат от 30% до 70% белка в пересчете на сухое вещество и богаты жирами, минералами и витаминами. Некоторые насекомые могут содержать большое количество липидов, а извлеченное масло можно использовать для различных целей, включая производство биодизельного топлива. Было идентифицировано более 2000 видов съедобных насекомых, а также их пищевая ценность в качестве пищи и корма [8].

Черная львиная муха, обыкновенная личинка комнатной мухи, тутовый шелкопряд и несколько видов кузнечиков являются жизнеспособными насекомыми для массового разведения. Некоторые из них, такие как личинки обыкновенной комнатной мухи были предложены в качестве корма для домашней птицы. Они могут превращать птичий помет в продукт с высоким содержанием белка (61%) и желаемым аминокислотным составом. Исследования зарубежных авторов подтверждают целесообразность замены соевой муки и соевого масла в рационах перепелов-бройлеров мукой, полученной из личинок *Hermetia illucens* [9-11].

Возможность полной или частичной замены рациона птицы мукой из насекомых подтверждена общедоступной литературой. Например, не было зарегистрировано неблагоприятного воздействия на рост цыплят, которых кормили мукой из насекомых; тем не менее, в большинстве статей описываются сравнимые или даже лучшие темпы роста цыплят по сравнению с соевой мукой или соевая мука + рыбная мука. Точно так же переваримость питательных веществ, по видимому, не изменяется или, по крайней мере, улучшается при использовании муки из насекомых в рационе птицы по сравнению с рыбной мукой: это особенно верно, когда мука из насекомых имеет сопоставимый профиль аминокислот и заменяет всю рыбную муку в рационе. Следует отметить, что авторы публикаций указывают на экономическую целесообразность применения муки из насекомых при кормлении сельскохозяйственных животных и птиц [4, 5].

Химический состав различных насекомых

Насекомые являются богатым источником необходимых питательных веществ. Отмечено, что мука из насекомых содержит различное содержание белка и жира, даже если она получена из одних и тех же видов насекомых в результа-

те их выращивания на разных субстратах. Уровни метионина и кальция в муке из насекомых ниже (1,0% и 1,5% соответственно) по сравнению с рыбной мукой. Концентрация питательных веществ насекомых зависит от стадии их жизни и состава субстрата, на котором они выращиваются [3].

В целом белок муки из насекомых сравним с белком соевой муки, но его содержание немного ниже, чем у рыбной муки. Ожидается, что экстракция жира (обезжиривание) из муки насекомых, особенно с высоким содержанием жира, повысит содержание белка, что сделает ее сопоставимой как с соевой, так и с рыбной мукой [1].

Хитин содержится в крыльях и покровах насекомых. Хотя имеется ограниченная информация о составе хитина насекомых, учеными проводились опыты для оценки концентрации хитина. Удаление его увеличивает усвояемость муки насекомых у рыб. У насекомых также есть antimicrobial пептиды (АМП) - это катионные природные антибиотики-пептиды, которые активны в отношении бактерий, грибов и некоторых вирусов. Отметили, что самую большую группу АМП насекомых составляют дефензины - пептиды, состоящие из нескольких десятков аминокислотных остатков, которые используются иммунными клетками в клеточном ответе при фагоцитозе. Обычно дефензины присоединяются к клеточной мембране микроба и углубляются в неё, формируя порообразные разрывы. [12-14].

По данным исследователей, химический состав насекомых варьируется в зависимости от вида, стадии роста и условий содержания, а содержание сырого белка % колеблется от 41,1-76,1, сырой клетчатки % от 3,8 до 15,7, безэкстрактивных веществ % от 5,4 до 37,2, золы % от 2,2 до 26,6 и общей энергии от 19,8 до 27,2 кДж/моль [15].

Крупномасштабное производство насекомых

Для оценки потенциала использования насекомых в пищевых продуктах и кормах в 2012 году в штаб-квартире ФАО в Риме было проведено консультативное совещание экспертов. На этом форуме крупномасштабное разведение насекомых определялось как производство 1 тонны насекомых в свежем виде в день. Информация о выращивании, условиях и потребности насекомых в питательных веществах являются предпосылкой для интенсивной системы производства насекомых. Проблемы, связанные с созданием колонии насекомых для выращивания в инсектариях, лабораториях или других учреждениях по

выращиванию, хорошо описаны [16].

Виды насекомых, пригодные для массового разведения, должны иметь короткий жизненный цикл, низкую уязвимость к болезням и быть способными жить в условиях высокой плотности в ограниченном пространстве. К таким насекомым относятся *Hermetia illucens* и *Tenebrio molitor* (желтый мучной червь). Консультативное совещание, проведенное в Риме, рекомендовало, чтобы страны в тропиках использовали местные виды и занимались мелкомасштабным (домашним производством) разведением насекомых в то время, как в странах с умеренным климатом использовали культивируемые виды, такие как домашний сверчок (*Acheta domestica*). Разведение моновидовых насекомых не рекомендуется, в то время, как сохранение родительской генетической линии поощряется из-за уязвимости системы производства [17].

Чтобы устойчиво заменить соевую и рыбную муку (дорогие обычные белковые ингредиенты) мукой из насекомых, необходимо постоянно и экономически эффективно выращивать большое количество насекомых. Инвесторы, намеревающиеся создать крупномасштабные предприятия по разведению насекомых, сталкиваются с серьезной проблемой отсутствия или нечеткости законодательной базы в отношении массового разведения и продажи насекомых в корм [18]. В некоторых законах, таких как законодательство Европейского Союза, мука из насекомых определяется как переработанный животный белок, и поэтому «правила ГЭКРС» запрещают ее использование в качестве корма для скота [13]. Аллергены насекомых (контактные и ингаляционные аллергены) являются фактором риска для персонала, занимающегося выращиванием насекомых. Некоторые насекомые содержат антипитательные факторы: вид *Anaphe* куколок африканского тутового шелкопряда содержит термостойкую тиаминазу. Срок годности муки из насекомых можно продлить, добавив природные консерванты [19]. Наиболее вероятным возбудителем порчи переработанной муки из насекомых являются спорообразующие бактерии, тогда как простым и благоприятным методом сохранения муки из насекомых является сушка. Переработка насекомых в съедобные продукты из насекомых способствовала распространению энтомофагии в Кении, поскольку в некоторой степени обеспечила доступность в удобной для потребителя форме [20].

Заключение

В настоящей статье проведен анализ зару-

бежной литературы, посвященной применению насекомых в качестве альтернативного источника белка при кормлении сельскохозяйственной птицы в природно-климатических условиях стран африканского континента. Интерес обусловлен тем, что животноводство (в частности, птицеводство) является одной из уязвимых отраслей сельского хозяйства, которая в значительной степени зависит от кормовой базы – источника питательных веществ и энергии. Очевидно, что насекомые как альтернативные источники питательных веществ и энергии способны использовать отходы и малоценное сырье для роста и развития (продуктивности). Насекомоводство (прикладная энтомология) для стран с экваториальным, тропическим, субтропическим увлажненным климатом является перспективным направлением рационального использования ресурсов и отходов, способствующим устойчивому развитию регионального животноводства.

На основании многих исследований включение муки из насекомых в рацион птицы снижает стоимость комбикорма без каких-либо неблагоприятных последствий для продуктивности цыплят, что способствует повышению прибыльности птицеводческого сектора. Стоимость нетрадиционных кормовых материалов, таких как мука из насекомых, очень высока, и их доступность в кормах для домашней птицы в настоящий момент ограничена. Благодаря высокой питательной ценности и глобальному присутствию насекомые являются рентабельным и потенциальным устойчивым кормовым ресурсом в питании птицы. В целом результаты исследования подтверждают возможную полную или частичную замену рыбной муки мукой из насекомых. По сравнению с мукой из насекомых или мукой из насекомых с рыбной мукой в большинстве статей описываются аналогичные или даже более высокие темпы роста цыплят. Включение муки из личинок насекомых в систему кормления птицы имеет как экономические, так и экологические преимущества. Более эффективное использование природных ресурсов и сокращение выбросов парниковых газов могут быть достигнуты за счет перехода от традиционных источников белка, таких как мука из сои и рыбная мука, к муке из насекомых.

Библиографический список

1. Chavez, M. Insect left-over substrate as plant fertiliser / M. Chavez, M. Uchanski // J Insects Food Feed. – 2021. – Vol. 7. – P. 683–694. – URL:<https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0063>.
2. The role of dung beetles in reducing green-

- house gas emissions from cattle farming / E. M. Slade, T. Riutta, T. Roslin, H. L. Tuomisto // *Sci Rep-Uk*. – 2021. - Vol. 6. - P. 18140. – URL: <https://doi.org/10.1038/srep18140>.
3. Veldkamp, T. Insects - a protein rich feed ingredient in pig and poultry / T. Veldkamp, G. Bosch // *Anim Front*. – 2015. - Vol. 5. - P. 45–50.
4. Al-qazzaz, M. F. Insect meal as a source of protein in animal diet / M. F. Al-qazzaz, D. B. Ismail // *Anim Nutr Feed Technol*. – 2016. - Vol. 16. – P. 527–547. – URL: <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2016.00038.X>.
5. Khan, S. H. Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition / S. H. Khan // *J Appl Anim Res*. – 2018. - Vol. 46. – P. 1144–57. – URL: <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1474743>.
6. Evaluation of yellow mealworm meal as a protein feedstuff in the diet of broiler chicks / U. Elahi, J. Wang, Y. Ma [et al.] // *Animals*. – 2020. - Vol. 10. - P. 224. – URL: <https://doi.org/10.3390/ani10020224>.
7. Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) / N. Kröncke, S. Grebenteuch, C. Keil [et al.] // *Insects*. – 2019. - Vol. 10. – P. 84. – URL: <https://doi.org/10.3390/insects10040084>.
8. Gasco, L. Can diets containing insects promote animal health? / L. Gasco, M. Finke, A. van Huis // *J Insects Food Feed*. – 2018. - Vol. 4. – P. 1–4. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.x001>.
9. Chitin regulation of immune responses: an old molecule with new roles / C. G. Lee, C. A. Da Silva, J. Y. Lee, D. Hartl // *Elias Curr Opin Immunol*. – 2008. - Vol. 20. – P. 684–689. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.coi.2008.10.002>.
10. Evaluation of the low inclusion of full-fatted *hermetia illucens* larvae meal for layer chickens: growth performance, nutrient digestibility, and gut health / X. Chu, M. Li, G. Wang [et al.] // *Front Vet Sci*. – 2020. - Vol. 7. – P. 585843. – URL: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.585843>.
11. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility / A. Schiavone, M. De Marco, S. Martínez [et al.] // *J Anim Sci Biotechnol*. – 2017. - Vol. 8. – P. 51. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>.
12. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets / F. Bovera, G. Piccolo, L. Gasco [et al.] // *Br Poult Sci*. – 2015. - Vol. 56. – P. 569–575. – URL: <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>.
13. Khempaka, S. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers / S. Khempaka, C. Chitsachapong, W. Molee // *J Appl Poult Res*. – 2011. - Vol. 20. – P. 1–11. – URL: <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00162>.
14. Effect of chitosan on Salmonella Typhimurium in broiler chickens / A. Menconi, N. R. Pumphord, M. J. Morgan [et al.] // *Foodborne Path Dis*. – 2014. - Vol. 11. – P. 165. – URL: <https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1628>.
15. State-of-the-art on use of insects as animal feed / H. P. S. Makkar, G. Tran, V. Heuzé, P. Ankers // *Anim Feed Sci Technol*. – 2014. - Vol. 197. – P. 1–33. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
16. Diseases in insects produced for food and feed / J. Eilenberg, J. M. Vlask, C. Nielsen-LeRoux, S. Cappellozza // *Jensen J Insects Food Feed*. – 2015. - Vol. 1. – P. 87–102. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0022>.
17. Józefiak, A. Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. Engberg A review / A. Józefiak // *J Anim Feed Sci*. – 2017. - Vol. 26. – P. 87–99. – URL: <https://doi.org/10.22358/jafs/69998/2017>.
18. *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is it gluten free? / S. Mancini, F. Fratini, T. Tuccinardi, C. Degl'Innocenti, G. Paci // *Food Control*. – 2020. - Vol. 110. – P. 107014. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107014>.
19. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed / A. J. Charlton, M. Dickinson, M. E. Wakefield [et al.] // *J Insects Food Feed*. – 2015. – Vol. 1. - P. 7–16. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020>.
20. The effect on growth performance of chicken meat in broiler chicks by dietary supplementation of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) / Y. C. Choi, K. H. Park, S. H. Nam [et al.] // *J Sericult Entomol Sci*. – 2013. - Vol. 51. – P. 30–35. – URL: <https://doi.org/10.7852/jses.2013.51.1.30>.

THE ROLE OF INSECTS AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF PROTEIN IN POULTRY FEEDING: A REVIEW

Chala E.¹, Verkhoturov V.V.², Ulrich E.V.²

¹Ethiopian Agricultural Research Institute,
Addis Ababa, Ethiopia

²FSBEI HE "Kaliningrad State Technical University", 236022, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1, tel.: +7-904-960-94-96,
e-mail: elen.ulrich@mail.ru

Keywords: alternative protein, insects, poultry, feeds, flour, nutritional value.

Currently, poultry producers in developing countries are faced with the challenges of high cost and poor quality of poultry feeds available in the market. The aim of this article is to evaluate current research related to usage of insects as an alternative source of protein for poultry and the feasibility of large-scale production of insects in poultry feeding. Insects have enormous potential in terms of protein content, as well as other active substances (polyunsaturated fatty acids, antimicrobial peptides, etc.) in production of poultry feed. Based on many studies, insect flour from black soldier fly, house fly, mealworm, earthworm, silkworm, grasshopper and locust can be successfully used as feed ingredients in poultry rations. Information on their nutritional composition and biological assessment was collected and compared with soybean and fish meal. It is suggested that insects may be an alternative source of protein for chickens due to similar fat content (30-40%) and protein content (about 40-60%) as soybean meal or fish meal. In general, insect flour has a protein content similar to soybean meal, but slightly lower than fishmeal. Due to their high nutritional value and large habitat, insects are a profitable and potentially sustainable food resource for poultry feeding. Moreover, usage of insects as chicken feed is not in direct competition with the human food resource. Available literature supports the possibility of replacing fishmeal and soybean meal entirely or partially with insect flour. Thus, the biology and habitat of insects make them a promising solution for recycling animal waste and solving problems in animal nutrition.

Bibliography:

1. Chavez, M. Insect left-over substrate as plant fertiliser / M. Chavez, M. Uchanski // *J Insects Food Feed*. – 2021. – Vol. 7. – P. 683–694. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0063>.
2. The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming / E. M. Slade, T. Riutta, T. Roslin, H. L. Tuomisto // *Sci Rep-Uk*. – 2021. – Vol. 6. – P. 18140. – URL: <https://doi.org/10.1038/srep18140>.
3. Veldkamp, T. Insects - a protein rich feed ingredient in pig and poultry / T. Veldkamp, G. Bosch // *Anim Front*. – 2015. – Vol. 5. – P. 45–50.
4. Al-qazzaz, M. F. Insect meal as a source of protein in animal diet / M. F. Al-qazzaz, D. B. Ismail // *Anim Nutr Feed Technol*. – 2016. – Vol. 16. – P. 527–547. – URL: <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2016.00038.X>.
5. Khan, S. H. Recent advances in the role of insects as alternative protein source in poultry nutrition / S. H. Khan // *J Appl Anim Res*. – 2018. – Vol. 46. – P. 1144–57. – URL: <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1474743>.
6. Evaluation of yellow mealworm meal as a protein feedstuff in the diet of broiler chicks / U. Elahi, J. Wang, Y. Ma [et al.] // *Animals*. – 2020. – Vol. 10. – P. 224. – URL: <https://doi.org/10.3390/ani10020224>.
7. Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) / N. Kröncke, S. Grebenteuch, C. Keil [et al.] // *Insects*. – 2019. – Vol. 10. – P. 84. – URL: <https://doi.org/10.3390/insects10040084>.
8. Gasco, L. Can diets containing insects promote animal health? / L. Gasco, M. Finke, A. van Huis // *J Insects Food Feed*. – 2018. – Vol. 4. – P. 1–4. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.x001>.
9. Chitin regulation of immune responses: an old molecule with new roles / C. G. Lee, C. A. Da Silva, J. Y. Lee, D. Hartl // *Elias Curr Opin Immunol*. – 2008. – Vol. 20. – P. 684–689. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.coi.2008.10.002>.
10. Evaluation of the low inclusion of full-fatted hermetia illucens larvae meal for layer chickens: growth performance, nutrient digestibility, and gut health / X. Chu, M. Li, G. Wang [et al.] // *Front Vet Sci*. – 2020. – Vol. 7. – P. 585843. – URL: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.585843>.
11. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility / A. Schiavone, M. De Marco, S. Martínez [et al.] // *J Anim Sci Biotechnol*. – 2017. – Vol. 8. – P. 51. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>.
12. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets / F. Bovera, G. Piccolo, L. Gasco [et al.] // *Br Poult Sci*. – 2015. – Vol. 56. – P. 569–575. – URL: <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>.
13. Khempaka, S. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers / S. Khempaka, C. Chitsatchapong, W. Molee // *J Appl Poult Res*. – 2011. – Vol. 20. – P. 1–11. – URL: <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00162>.
14. Effect of chitosan on Salmonella Typhimurium in broiler chickens / A. Menconi, N. R. Pumford, M. J. Morgan [et al.] // *Foodborne Path Dis*. – 2014. – Vol. 11. – P. 165. – URL: <https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1628>.
15. State-of-the-art on use of insects as animal feed / H. P. S. Makkar, G. Tran, V. Heuzé, P. Ankers // *Anim Feed Sci Technol*. – 2014. – Vol. 197. – P. 1–33. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2014.07.008>.
16. Diseases in insects produced for food and feed / J. Eilenberg, J. M. Vlæk, C. Nielsen-LeRoux, S. Cappellozza // *Jensen J Insects Food Feed*. – 2015. – Vol. 1. – P. 87–102. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0022>.
17. Jóźefiak, A. Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. Engberg A review / A. Jóźefiak // *J Anim Feed Sci*. – 2017. – Vol. 26. – P. 87–99. – URL: <https://doi.org/10.22358/jafs/69998/2017>.
18. *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is it gluten free? / S. Mancini, F. Fratini, T. Tuccinardi, C. Degl'Innocenti, G. Paci // *Food Control*. – 2020. – Vol. 110. – P. 107014. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107014>.
19. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed / A. J. Charlton, M. Dickinson, M. E. Wakefield [et al.] // *J Insects Food Feed*. – 2015. – Vol. 1. – P. 7–16. – URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020>.
20. The effect on growth performance of chicken meat in broiler chicks by dietary supplementation of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) / Y. C. Choi, K. H. Park, S. H. Nam [et al.] // *J Sericult Entomol Sci*. – 2013. – Vol. 51. – P. 30–35. – URL: <https://doi.org/10.7852/jses.2013.51.1.30>.