

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.6>

**РОЛЬ ЭМУЛЬГАТОРОВ В УСВОЕНИИ ЛИПИДОВ КОРМОВЫХ РАЦИОНОВ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ.
ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (SCOPING REVIEW)**

Обзор

Воробьева Н.В.^{1,*}, Тихонова Н.И.², Галкин В.А.³

¹ ORCID : 0000-0002-7278-3193;

^{1,2,3} Нижегородский государственный агротехнологический университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (natalia_cond[at]mail.ru)

Аннотация

В статье проанализированы современные исследования зарубежных авторов о значении эмульгаторов в усвоении бройлерами липидов из кормов. Перечислены применяемые эмульгаторы. Описаны особенности переваривания бройлерами жиров из кормов. Отмечены возникающие при переваривании жиров проблемы. Обоснована важная роль применения жиров и эмульгаторов в кормопроизводстве. Применение комплексных липидосодержащих добавок поможет поднять качество продукции птицеводства и снизить ее себестоимость. В статье обобщены особенности переваривания бройлерами жиров из кормов. Жиры, богатые длинноцепочечными насыщенными жирными кислотами, менее усвояемы, чем жиры с высоким содержанием среднецепочечных или ненасыщенных жирных кислот. Насыщенные жирные кислоты легче депонируются в жировых депо, чем ненасыщенные, которые, кроме того, способствуют замедлению синтеза жирных кислот *de novo*.

Ключевые слова: липиды, метаболизм, пищеварение, эмульгаторы, жиры, эксперимент.

THE ROLE OF EMULSIFIERS IN LIPID DIGESTION OF BROILER CHICKEN DIETS (SCOPING REVIEW)

Review article

Vorobeva N.V.^{1,*}, Tikhonova N.I.², Galkin V.A.³

¹ ORCID : 0000-0002-7278-3193;

^{1,2,3} Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

* Corresponding author (natalia_cond[at]mail.ru)

Abstract

The article analyses modern studies of foreign authors on the importance of emulsifiers in the absorption of lipids from fodder by broilers. The emulsifiers used are listed. The specifics of digestion of fats from feeds by broilers are described. Problems occurring at digestion of fats are noted. The important role of application of fats and emulsifiers in fodder production is substantiated. Application of complex lipid-containing additives will help to raise the quality of poultry production and reduce its cost price. The article summarizes the features of digestion of fats from feed by broilers. Fats rich in long-chain saturated fatty acids are less digestible than fats with a high content of medium-chain or unsaturated fatty acids. Saturated fatty acids are more easily deposited in fat depots than unsaturated fatty acids, which, in addition, contribute to slowing down *de novo* synthesis of fatty acids.

Keywords: lipids, metabolism, digestion, emulsifiers, fats, experiment.

Введение

Актуальной задачей современного птицеводства является снижение себестоимости и улучшение качества выпускаемой продукции. Выполнение этой задачи невозможно без полноценного, сбалансированного и рационального кормления птицы с учетом всех физиологических и технологических особенностей. Большое значение этой проблеме уделяется авторами научных работ как в нашей стране, так и за рубежом.

Важнейшей частью рационов сельскохозяйственной птицы являются жиры и масла, обеспечивающие рекомендуемый уровень обменной энергии. Однако биологические функции липидов этим не ограничиваются – липиды являются основной формой депонирования энергии в организме птицы, структурными компонентами мембран живых клеток, источниками незаменимых жирных кислот – основой последующего синтеза биологически активных веществ и т.д. [18], [21].

Использование жиров в рационе бройлеров повышает вкусовые качества и поедаемость корма, улучшает его физические и технологические свойства [4].

Однако процент ввода жиров в комбикорма ограничен, как и возможности их усвоения организмом.

Источники энергии, наряду с источниками протеина, представляет собой основную часть стоимости кормовых рецептур. В связи с постоянным ростом цен на зерно, во всем мире растет интерес к изучению способов повышения энергетической ценности рационов. Поэтому для современных специалистов по кормлению птицы существует необходимость в более глубоком понимании процесса переваривания и усвоения жиров домашней птицы.

Роль эмульгаторов в переваривании жиров в процессе пищеварения сельскохозяйственной птицы

Жиры обладают гидрофобными свойствами, поэтому для их переваривания необходимым условием является растворение в водной среде, после чего на границе раздела сред липид/вода может происходить гидролиз [17].

Эмульгаторы увеличивают площадь поверхности раздела сред липид/вода за счет дробления крупных капель жира на более мелкие, обеспечивая создание эмульсии из несмешивающихся субстанций. В организме птицы естественными эмульгаторами являются желчные кислоты. В присутствии желчных кислот желчи жир эмульгируется и далее усваивается организмом в виде эмульсии. Химия желчных кислот сложна из-за большого разнообразия химических структур в их составе, таких как холевая кислота, хенодезоксихолевая кислота, дезоксихолевая кислота и литохолевая кислота. Первичные желчные кислоты синтезируются из холестерина в печени, а вторичные желчные кислоты образуются в результате бактериальной модификации первичных желчных кислот в толстой кишке. Обычно они состоят из смеси отдельных желчных кислот. У крупного рогатого скота холевая кислота и дезоксихолевая кислота являются основными желчными кислотами, тогда как α -гиодезоксихолевая кислота и хенодезоксихолевая кислота преобладают в желчи свиньи. Желчные кислоты у птицы, в основном состоят из хенодезоксихолевой кислоты и холевой кислоты. Если желчных кислот выделяется недостаточно, что может происходить вследствие физиологической незрелости пищеварительного тракта цыплят в ранние периоды откорма, а также из-за напряженной работы печени, при воздействии лекарственных препаратов, токсинов и в следствие нарушения кормления, то усвоение жиров снижается, что в итоге отрицательно сказывается на производственных показателях. В связи с этим значительные перспективы открываются при использовании кормовых добавок, содержащих эмульгаторы жира.

Изучению влияние желчных кислот на показатели роста, характеристики туши, метаболизм липидов в сыворотке крови и активность кишечных ферментов у цыплят-бройлеров посвящена работа китайских ученых Wenqing L. с соавт. Желчные кислоты для исследования были извлечены из пасты желчи свиньи с помощью процесса, который включает омыление, обезжиривание, подкисление, очистку и обезвоживание. Объектами исследования служили 432 суточных самца-бройлера кросса Arbor Acres, которые были случайным образом распределены по 4 группам (3 опытные и одна контрольная) с 6 повторностями по 18 цыплят в каждой. Эксперимент продолжался на протяжении 42 дней. Рацион опытных групп состоял из кукурузы и соевых бобов. Желчные кислоты добавлялись к рациону следующим образом: 0 (контроль), 40 мг, 60 мг и 80 мг желчных кислот / кг рациона. Диета с включением желчных кислот значительно увеличила среднесуточный прирост живой массы и снизила конверсию корма с 21 дня до 42 дня эксперимента ($P < 0,01$). Однако добавление желчных кислот в рацион не повлияло на среднесуточное потребление корма. Процент мышц бедра в туше были заметно ($P < 0,01$) выше для рационов бройлеров, получавших рацион с добавлением 60 и 80 мг / кг желчных кислот. Напротив, масса абдоминального жира был значительно снижена ($P < 0,01$). У 42-дневных бройлеров добавление желчных кислот не влияло на концентрации триглицеридов, липопротеинов высокой плотности и липопротеинов низкой плотности в крови ($P > 0,05$). Добавление к рациону желчных кислот в количестве 60 и 80 мг / кг значительно увеличило активность липазы двенадцатиперстной кишки и липопротеинлипазы на 21 и 42 день, а также снизило активность гормоночувствительной липазы на 42 день. Таким образом, добавление желчных кислот к рациону бройлеров всех периодов откорма может эффективно повысить активность кишечной липазы и липопротеинлипазы, улучшить показатели роста и качественные характеристики туши бройлеров.

В практике современного кормления птицы существует потребность не просто увеличить количество жира в рационах кормления, но и, прежде всего, сделать его доступным для переваривания. Добавление фосфолипидов в рацион бройлеров и несушек доказало свою эффективность в улучшении переваривания жиров и утилизации питательных веществ, а следовательно, и в улучшении показателей роста. Фосфолипиды рекомендуется добавлять в корма для цыплят, содержащие более высокий уровень кормовых жиров/масел, а также более высокий уровень насыщенных жиров.

Важнейшим резервом повышения переваримости жиров является использование в рационах птицы эмульгаторов (стабилизаторов эмульсий). Интересную систему оценки активности эмульгаторов предлагает Dr. Rajesh Singh July [6]. В его статье также приводится современный взгляд на физиологию переваривания жира сельскохозяйственной птицей: никакой жир, по мнению автора, не может быть переварен, если он не эмульгирован эмульгатором. В процессе переваривания жира два основных фактора работают в комплементации – липаза с колипазой (липаза нефункциональна без колипазы) и эмульгатор. Эмульгаторы необходимы для расщепления капель жира на более мелкие частицы, чтобы липаза могла легко и эффективно воздействовать на триглицериды. Липаза не может быть эффективна на больших липидных каплях. Поэтому необходима эмульгация жира до его переваривания, чтобы сделать жир водорастворимым (обычно жир нерастворим в воде). Чтобы сделать жир растворимым в воде, и необходимы эмульгаторы. Эффективность эмульгаторов является основным фактором, определяющим эффективность переваривания жира. Эта эффективность определяется величиной СМС эмульгатора. Величина СМС в свою очередь, определяется как количество молекул эмульгатора, необходимых для образования эмульсионной капли или мицеллы. Активность липазы обычно достаточна в пищеварительном тракте птиц, однако недостаточное количество желчи часто вызывает снижение жировой эмульсии и, следовательно, переваривания жира. Но этот механизм не так легко понять, потому что поверхностное натяжение воды является барьером для растворения жира в воде. Эмульгатор (также известный как поверхностно-активное вещество) уменьшает это поверхностное натяжение, так, что жир начинает растворяться в воде и начинается образование мицелл, которые являются реальными структурами для поглощения жира. Структура этих мицелл проста, это сферическая молекула, и оболочка этой сферы состоит из гидрофильных (водолюбивых) полярных групп, таких как фосфат, холин или этаноламин и т. д., а внутренняя часть состоит из гидрофобных (водоотталкивающих) молекул – главным образом цепей жирных кислот (рис.1). Внутри этих мицелл находятся молекулы жира, которые будут подвергаться последующему поглощению. Размер мицеллы является важным фактором пищеварения, поэтому ранее было установлено, что величина СМС оказывает заметное влияние на размер мицеллы – более низкое значение СМС приводит к меньшему размеру мицеллы.

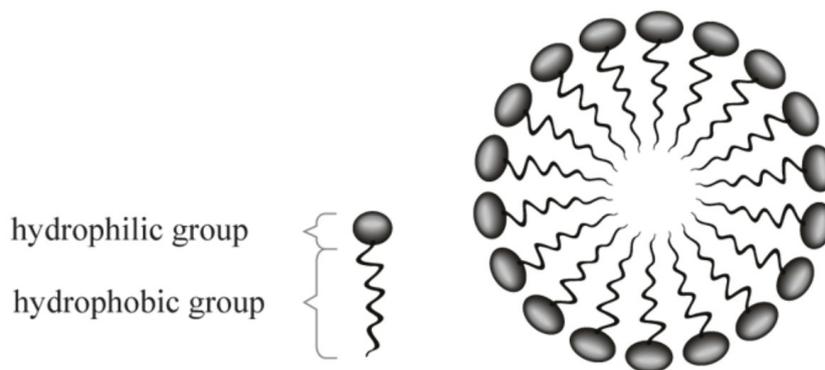


Рисунок 1 - Строение мицеллы (по R. SinghJuly)
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.6.1>

На рисунке показана структура мицеллы, которая имеет сферическую форму, однако также видны и другие формы мицелл, такие как гексагональная, пластинчатая, кубическая и т.д., что зависит от свойств эмульгаторов. Эмульгаторы классифицируются по их гидрофильному/липофильному балансу (HLB). Это означает баланс между их активностью в двух средах – воде и жире. Шкала, которая варьирует от 0 до 20 позволяет нам оценить этот баланс. Эмульгатор имеет, символически говоря, гидрофобный хвост и гидрофильную головку. Хвост может сильно варьировать по размеру и является основным параметром, влияющим на активность молекулы. Фосфолипиды состоят из 2 частей, одна часть которых является полярной группой, а другая – неполярной. Баланс полярности и неполярности определяет его активность в качестве эмульгатора. Чтобы получить водную эмульсию масла (которая необходима для усвоения жира в кишечнике птицы), нам нужно больше гидрофильности и меньше гидрофобности. Это означает, что значение HLB должно быть больше 8 по шкале от 0 до 20. По мнению автора, обычные фосфолипиды на основе лецитина обеспечивают значение HLB 5, что недостаточно для хорошего эмульгатора, но правильное добавление лизолецитина (рис.2) увеличивает значение HLB до необходимого уровня. Соотношение лецитина и лизолецитина играет важную роль в определении стабильности мицелл и, следовательно, их абсорбции. Лизолецитин является производным лецитина и получается путем ферментативного переваривания лецитина с помощью фермента фосфолипазы A₁ (того же фермента, который содержится в змеином яде). Автором также рассматриваются аспекты участия биологически-активных веществ – в частности витаминов, в процессе всасывания жирных кислот в кишечнике сельскохозяйственной птицы.

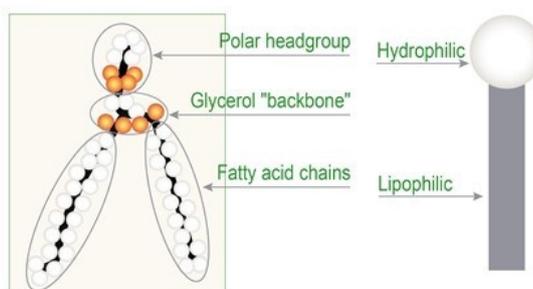


Рисунок 2 - Строение лецитина (имеет два хвоста) – слева, и лизолецитина (один хвост) – справа (по R. SinghJuly)
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.6.2>

Автором делается следующий вывод: при изменении сценария развития технологии птицеводства необходимо ориентироваться на эффективное использование ресурсов с целью получения максимальной прибыли. В птицеводстве, если присмотреться внимательно, можно увидеть, что основное внимание в отрасли уделяется снижению потерь корма за счет улучшения пищеварения. Но в то же время всасывание переваренного питательного вещества также должно происходить должным образом, иначе хорошее пищеварение не имеет никакого смысла. С момента зарождения коммерческой птицеводческой промышленности произошло много инноваций, которые меняют и дают новый толчок производственной системе, а также помогают птицеводам получать более высокую прибыль. Одной из таких инноваций является использование эмульгаторов в кормах для птицы. Небрежное отношение к нормированию жира в рационе, незнание физиологии его переваривания и всасывания может оказать серьезное влияние на общую продукцию в долгосрочной перспективе.

Эмульгаторы, наиболее широко применяемые в промышленном птицеводстве

В настоящее время наиболее эффективными и хорошо изученными эмульгаторами считаются лецитин и L-карнитин. Лецитины – эффективные биоэмульгаторы. Как уже было сказано ранее, их включают в рационы бройлеров

с целью восполнения нехватки естественной эмульгирующей активности. В свою очередь, L-карнитин играет важную роль в транспорте жирных кислот в митохондрии, обеспечивая, тем самым, их β -окисление [22], [24].

Изучению вопроса использования лецитина из соевых бобов посвящена работа A. Vinˆado, L. Castillejos с соавт.

Как сообщают авторы, цена на традиционные источники жира в кормлении бройлеров неизменно увеличивалась в Европейских странах в последние несколько лет. Отчасти это происходило из-за растущего спроса на растительные жиры для производства биодизеля. Согласно текущим прогнозам, эта тенденция сохранится в последующие годы. Поэтому в Европе растет интерес к поиску и использованию альтернативных источников энергии в кормлении бройлеров с целью снижения производственных затрат. Побочные продукты, полученные в процессе очистки растительного масла, представляют собой привлекательную альтернативу традиционным источникам энергии в рационах птицы из-за их конкурентоспособной цены и возможности вторичного использования продуктов во избежание загрязнения окружающей среды. Существует большое разнообразие источников лецитина (растительных и животных), но те, которые получены из семян сои, являются наиболее актуальными с точки зрения применения в птицеводстве и мирового производства в целом. Вопросу использования неочищенного лецитина соевых бобов и посвящена эта работа. Лецитин получают как до процесса рафинирования, так и на стадии рафинирования, и состоит он из липидной смеси, в основном содержащей полярные липиды ($> 60\%$), в частности фосфолипидов, и, в меньшей степени, нейтральных липидов, таких как триацилглицерины. Химическая структура фосфолипидов состоит из 1,2-диацилглицериновой основы с 2 цепями жирных кислот и головной фосфатной группы, связанной с функциональным фрагментом (холином, этаноламином и инозитом, например). Присутствие как гидрофильных (цепи жирных кислот), так и липофильных (глицерин, фосфор и функциональная часть) компонентов придает лецитину эмульгирующие свойства. Хотя сырой соевый лецитин представляет собой экономичную альтернативу как важный источник валовой энергии, фосфора, холина, линолевой и линоленовой кислоты, в настоящее время научной информации недостаточно, чтобы рекомендовать его использование в кормлении цыплят-бройлеров.

Авторами были проведены два эксперимента для оценки использования неочищенного соевого лецитина в качестве альтернативного источника энергии при кормлении бройлеров и для изучения его влияния на продуктивность, усвояемость жирных кислот, содержание кажущейся метаболической энергии в корме и жирнокислотный профиль абдоминального жира. Базовый рацион в эксперименте был дополнен 3% соевым маслом или маслом мононенасыщенной растительной кислоты (A; эксперимент 2), как альтернатива использовались увеличивающиеся количества лецитина (1, 2 и 3%). Авторами было установлено, что включение лецитина не повлияло на результаты откорма ($P>0,05$). В стартовых рационах замена соевого масла на лецитин снижала содержание кажущейся метаболической энергии в кормах ($P<0,001$) и снижала усвояемость полиненасыщенных жирных кислот ($P=0,028$), тогда как в фазе гровера-финишера смесь из 2% соевого масла и 1% лецитина не изменял содержание кажущейся метаболической энергии в корме или усвояемость жирных кислот. Если лецитин был включен вместо масла мононенасыщенной растительной кислоты, не было обнаружено никакого воздействия на значение кажущейся метаболической энергии корма и общую усвояемость жирных кислот ($P>0,05$) на этапе старта, тогда как в рационах гровера-финишера использование смеси 2% масла мононенасыщенной растительной кислоты и 1% лецитина-улучшало в корме содержание кажущейся метаболической энергии ($P<0,001$) и общая усвояемость жирных кислот ($P=0,001$). Профиль жирных кислот абдоминального жира отражает состав жирных кислот рационов. Сырой соевый лецитин представляет собой альтернативный источник энергии для цыплят-бройлеров, и его можно использовать в рационах гровера-финишера вместо 1% соевого масла. На основании проведенных исследований авторы делают вывод о том, что наилучшим вариантом включения обоих альтернативных жиров (лецитина и мононенасыщенной растительной кислоты) было 2% лецитина с 1% мононенасыщенной растительной кислоты в стартовые рационы и 1% лецитина с 2% мононенасыщенной растительной кислоты в рационы гровера-финишера, поскольку они показали положительный синергетический эффект. Результаты показывают, что профиль жирных кислот в рационе оказывает большее влияние на жирнокислотный профиль абдоминального жира, чем различные молекулярные структуры липидов в рационе. Дальнейшие исследования могут помочь лучше понять механизмы, лежащие в основе этих эффектов.

Особенности переваривания жиров, поступающих в организм в составе кормовых рационов

Время прохождения пищевых масс по желудочно-кишечному тракту бройлера имеет прямую зависимость от уровня ввода жира в рацион, а использование жиров в рационе улучшает использование энергии в целом, поскольку за счет уменьшения скорости прохождения химуса по ЖКТ, пищеварительные ферменты дольше контактируют с пищевой массой. Кроме того, увеличение продолжительности контакта с энтероцитами кишечника способствует улучшению всасывания [20].

Тем не менее эффективность использования птицей жиров снижается с увеличением их содержания в кормах и наоборот [29].

Природа источника жира, используемого в рационе, оказывает известное влияние на показатели мясной и яичной продуктивности [13], [16], [27], [28], [30], [31], [33].

Нередко в рационах птиц используют несколько источников жира, они могут быть как растительного, так и животного происхождения. Поскольку жирнокислотный состав источника жира имеет большое значение, особый интерес представляют собой исследования с использованием в рационах кормления двух или более различных источников жира. Поэтому для нас представляет научный интерес статья Guerreiro Neto с соавт. [14].

Настоящее исследование направлено на оценку влияния добавления эмульгатора в рационы, содержащие соевое масло, жир птицы или их смесь, на продуктивность, характеристики тушки, уровни липидов в сыворотке крови, концентрацию липазы поджелудочной железы и усвояемость питательных веществ у бройлеров. Был применен рандомизированный блочный дизайн эксперимента с использованием факторной схемы 3×2 с тремя источниками жира (соевое масло, жир домашней птицы и смесь 50% соевого масла и 50% жира птицы) и добавлением или без

добавления эмульгатора. В эксперименте I оценивали продуктивность бройлеров, характеристики туши, уровни холестерина в сыворотке, ЛПВП и триглицеридов, а также активность липазы поджелудочной железы у 42-дневных бройлеров. В эксперименте II анализировали коэффициенты переваримости сухого вещества (DM), эфирного экстракта (EE), сырого протеина (CP) и сырой клетчатки (CF). Бройлеры, получавшие рацион, содержащий соевое масло и эмульгатор, показали более высокую живую массу, прирост массы и лучший коэффициент конверсии корма. Когда птицам давали птичий жир и смесь жиров (соевое масло и птичий жир) и добавляли эмульгатор в рацион, концентрация липазы поджелудочной железы увеличивалась. Был сделан вывод, что использование соевого масла, птичьего жира и их смеси не влияет на продуктивность, характеристики туши или уровни холестерина, ЛПВП и триглицеридов в 42-дневных бройлерах. Добавление эмульгаторов к рационам, содержащим птичий жир, улучшает усвояемость эфирного экстракта и увеличивает выработку и секрецию липазы поджелудочной железы.

A.C. Guerreiro Neto et al. (2011) не выявили достоверных различий между бройлерами получавшими различные источники жира: соевое масло, птичий жир, и их комбинацию. Похожие результаты получили A.F. Ferreira et al. (2005) – в опыте данных авторов на бройлерах не было выявлено различий между группами, получавшими смесь соевого масла и говяжьего жира в различных концентрациях.

Переваривание различных типов жиров

Экспериментально доказано, что использование жиров рациона повышается, когда соотношение между ненасыщенными и насыщенными жирными кислотами увеличивается с 0 до 2,5 [14].

Многие авторы указывают на то, что жиры, богатые длинноцепочечными насыщенными жирными кислотами менее усвояемы, чем жиры с высоким содержанием среднецепочечных или ненасыщенных жирных кислот [9], [26], [33].

Усвояемость жира возрастает с увеличением содержания в нем ненасыщенных жирных кислот [25], [32], [34]. Это объясняется тем, что длинноцепочечные ненасыщенные жирные кислоты легче образуют мицеллы, что, в свою очередь, способствует увеличению абсорбции и усвояемости насыщенных жирных кислот [8], [17].

Содержащиеся в зерновых кормах рациона ненасыщенные жирные кислоты могут улучшить использование жиров с высоким содержанием насыщенных жирных кислот. Такой эффект, однако, мало ощутим при высоком уровне ввода в рацион жиров богатых насыщенными жирными кислотами [26].

Важную роль в растворении неполярных длинноцепочечных насыщенных жирных кислот играет присутствие моноглицеридов. Эффективность всасывания жирных кислот бройлерами при использовании в рационе триглицеридов выше, чем при их замене аналогичной комбинацией жирных кислот в чистом виде [29].

Жирнокислотный состав липидов корма оказывает известное влияние на жирнокислотный состав липидов мышечной ткани и абдоминального жира [2], [7], [11], [23].

По сообщениям Pekel et al. (2013) содержание полиненасыщенных жирных кислот в мышечной ткани бройлеров достоверно снижалось, а насыщенными и мононенасыщенными – достоверно увеличивалось при замене подсолнечного масла в рационе на подсолнечный соапсток [25].

Влияние природы жира на уровень холестерина в крови также хорошо известно. Использование льняного, подсолнечного и соевого масла способствует снижению уровня холестерина в крови кур-несушек, по сравнению с использованием свиного жира [9].

По данным N. Crespo and E. Esteve-Garcia (2003) и V.B. Fascina et al. (2009), использование в рационах бройлеров животных жиров приводит к более высокому уровню общего холестерина крови по сравнению с использованием рационов на основе растительных масел. Таким образом, показано, что жиры с высоким содержанием насыщенных жирных кислот способствуют повышению уровня холестерина в крови [12], [19].

Показано, что насыщенные жирные кислоты способствуют увеличению фракции ЛПНП в крови, тогда как полиненасыщенные жирные кислоты, наоборот, снижают уровень ЛПНП, ЛПОНП и общего холестерина, а также увеличивают содержание ЛПВП [1], [3], [5].

Известно, что насыщенные жирные кислоты легче депонируются в жировых депо, чем ненасыщенные, которые, кроме того, способствуют замедлению синтеза жирных кислот *de novo* [10], [15].

Заключение

В птицеводстве, особое внимание уделяется снижению потерь корма за счет улучшения пищеварения. Но в то же время всасывание переваренного питательного вещества также должно происходить должным образом, иначе хорошее пищеварение не имеет никакого смысла. Одной из таких инноваций является использование эмульгаторов в кормах для птицы.

Применение комплексных липидосодержащих добавок поможет поднять качество продукции птицеводства и снизить ее себестоимость.

Также в статье описаны особенности переваривания бройлерами жиров из кормов. Независимо, какой источник жира получает птица, различий между группами, получавших смесь соевого масла и говяжьего жира в различных концентрациях, не было.

Многие авторы указывают на то, что жиры, богатые длинноцепочечными насыщенными жирными кислотами, менее усвояемы, чем жиры с высоким содержанием среднецепочечных или ненасыщенных жирных кислот. Насыщенные жирные кислоты легче депонируются в жировых депо, чем ненасыщенные, которые, кроме того, способствуют замедлению синтеза жирных кислот *de novo*.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Aloa S. J. Nutritional Significance of Different Fat Source for Growing Broilers / S. J. Aloa, D. Balnove // Poultry Sci. — 1985. — Vol. 64. — P. 1602–1604.
2. Atteh J.O. Effects of Dietary Levels and Types of Fat on Performance and Mineral Metabolism of Broiler Chicks / J. O. Atteh, S. Leeson // Poultry Sci. — 1983. — Vol. 62. — P. 2412–2419.
3. Atteh J.O. Influence of Age, Dietary Cholic Acid and Calcium Levels on Performance, Utilization of Free Fatty Acids and Bone Mineralization in Broilers / J. O. Atteh, S. Leeson // Poultry Sci. — 1985. — Vol. 64. — P. 1959–1971.
4. Cherry J. Noncaloric Effects of Dietary Fat and Cellulose on the Voluntary Feed Consumption of White Leghorn Chickens / J. Cherry // Poultry Sci. — 1982. — Vol. 61. — P. 345–350.
5. Crespo N. Dietary Fatty Acid Profile Modifies Abdominal Fat Deposition in Broiler Chickens / N. Crespo, E. Estev-Garcia // Poultry Sci. — 2001. — Vol. — 80. — P. 71–78.
6. Ibne A. Emulsifiers in Poultry Nutrition – An indispensable feed additive / A. Ibne // M. V. Sc. — IVRI. — URL: <https://www.pashudhanpraharee.com/emulsifiers-in-poultry-nutrition-an-indispensable-feed-additive/> (accessed: 10.12.2023).
7. Farman S. Emulsifiers in the Poultry Industry / S. Farman, D. Babazadeh, M. A. Arain // World's Poultry Science Journal. — № 73(3). — P. 611–620.
8. Ferreira W. M. Digestão e metabolismo dos lipídios / W. M. Ferreira // Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG. — 1999. — P. 1–34.
9. Fisher H. Fatty Acid Composition of Eggs as Influenced by Dietary Fat / H. Fisher, G. A. Leveille // Poultry Sci. — 1957. — Vol. 36. — P. 11–16.
10. Garrett R. L. Effect of Micelle Formation on the Absorption of Neutral Fat and Fatty Acids by the Chicken / R. L. Garrett, R. J. Young // J. Nutr. — 1975. — Vol. 105. — P. 827–838.
11. Hardin K. H. Changes in the Yield and in the Fatty Acid Composition of Whole Carcass and Selected Meat Portions of Broiler Chickens Fed Fat Oil Seed / K. H. Hardin, A. A. O. Lee, R. T. Sim [et al.] // Poultry sci. — 1991. — Vol. 70. — P. 2304–2314.
12. Hegsted D. M. The Influence of Dietary Fats on Serum Cholesterol Levels in Cholesterol-fed Chicks / D. M. Hegsted, A. Gotsis, F. J. Stare // J. Nutrition. — 1960. — Vol. 70. — P. 119–126.
13. J. R. Sartor Emulsifier in Broiler Diets Containing Different Fat Sources / J. R. Sartor, A. C. Guerreiro, C. Mori [et al.] // Brazilian Journal of Poultry Science. — 2011. — № 2. — P. 119–125
14. Ketels E. Effect of Ratio of Unsaturated to Saturated Fatty Acids of the Dietary Lipid Fraction on Utilization and Metabolizable Energy of Added Fats in Young Chicks / E. Ketels, G. De Groote // Poultry Science. 1989. — Vol. 68(11). — P. 1506–1512.
15. Klaus A. M. Peroxidative and Antioxidative Metabolism of the Broiler Chicken as Influence by Dietary Linoleic Acid and Vitamin E / A. M. Klaus, H. Fuhrmann, H. P. Sallmann // Arch. Geflügelk. — 1995. — Vol. 59 (6). — P. 135–144.
16. Laws B. M. The Lipase and Esterase Activities of the Pancreas and Small Intestine of the Chick / B. M. Laws, J. H. Moore // Biochem. J. — 1963. — Vol. 87. — P. 632–638.
17. Leeson S. Rapeseed Products in Poultry Nutrition / S. Leeson. — Feed Mgt., 1984. — P. 20–30.
18. Rovers M. Nutritional Emulsifier in Broiler Diets Saves Energy and Feed Costs / M. Rovers // Asian Poultry Magazine, 2017.
19. Kubis M. Emulsifier and Xylanase Can Modulate the Gut Microbiota Activity of Broiler Chickens / M. Kubis, P. Kolodziejski, E. Pruszyńska-Oszmaleka [et al.] // Animals. — 2020. — № 10(12).
20. Melegy T. Dietary Fortification of a Natural Biosurfactant, Lysolecithin in Broiler / T. Melegy, N. F. Khaled [et al.] // African Journal of Agricultural Research. — 2010. — Vol. 5. — P. 2886–2892.
21. Michalczuk M. Effect of L-carnitine on Performance and Dressing Percentage of Broiler Chickens / M. Michalczuk, M. Lukaszewicz, J. Niemiec [et al.] // Animal Science. — 2012. — № 51. — P. 89–99.
22. Abbas M. T. Emulsifier Effect on Fat Utilization in Broiler Chicken / M. T. Abbas, M. Arif [et al.] // Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. — P. 158–167.
23. Nakano T. Lysophosphatidylcholine for Efficient Intestinal Lipid Absorption and Lipoprotein Secretion in Caco-2 Cells / T. Nakano, I. Inoue, S. Katayama [et al.] // J. Chin. Biochem. Nutr. — 2009. — Vol. 45. — P. 227–234.
24. Pan P. R. Effect of Season of the Year, Sex and Dietary Fats on Broiler Performance, Abdominal Fat and Preen Gland Secretion / P. R. Pan, B. C. Dilworth, E. J. Day [et al.] // Poultry Sci. — 1979. — Vol. 58. — P. 1564–1574.
25. Pekel A. Y. Comparison of Broiler Live Performance, Carcass Characteristics, and Fatty Acid Composition of Thigh Meat when Fed Diets Supplemented with Neutralized Sunflower Soapstock or Soybean Oil / A. Y. Pekel, G. Demirel, M. Midilli [et al.] // J. Appl. Poult. Res. — 2013. — Vol. 22. — P. 118–131.
26. Pinchasov Y. The Effect of Dietary Polyunsaturated Fatty Acid Concentration on Performance, Fat Deposition and Carcass Fatty Acid Composition in Broiler Chickens / Y. Pinchasov, I. Nir // Poultry Sci. — 1992. — Vol. — 71. — P. 1504–1512.

27. Renner R. Factors Affecting the Absorbability of Saturated Fatty Acids in the Chick / R. Renner, F. W. Hill // J. Nutr. — 1961. — Vol. 74. — P. 254–258.
28. Sanz M. Abdominal Fat Deposition and Fatty Acid Synthesis Are Lower and Oxidation Is Higher in Broiler Chickens Fed Diets Containing Unsaturated rather than Saturated Fat / M. Sanz, C. J. Lopez-Bote, D. Menoyo [et al.] // J. Nutr. — 2000. — Vol. 130. — P. 3034–3037.
29. Su W. Dietary Fatty Acid Composition Influences Energy Accretion in Rats / W. Su, P. J. H. Jones // J. Nutr. — 1993. — Vol. 123. — P. 2109–2114.
30. Sues M. Digestibility and Metabolizable Energy Content of Beef Tallow for Laying Hens / M. Sues // XV World Poultry Congress. — New Orleans, 1979. — P. 367–369.
31. Vilchez C. Effect of Feeding Palmitic Oleic and Linoleic Acids to Japanese Quail Hens (*Coturnix coturnix japonica*): Reproductive Performance and Tissue Fatty Acids / C. Vilchez, S. P. Touchburn, E. R. Chavez [et al.] // Poultry sci. — 1991. — Vol. 70. — P. 2484–2493.
32. Viñado A. Crude Soybean Lecithin as Alternative Energy Source for Broiler Chicken Diets / A. Viñado, L. Castillejos, A. C. Barroeta // Poultry Science. — 2019. — Vol. 98.
33. Wenqing L. Effects of Dietary Supplemental Bile Acids on Performance, Carcass Characteristics, Serum Lipid Metabolites and Intestinal Enzyme Activities of Broiler Chickens / L. Wenqing, H. Weigang [et al.] // Poultry Science. — 2017. — № 97(1).
34. Zheng C.T. Effects of Increasing Dietary Concentrations of Specific Structured Triacylglycerides on Performance and Nitrogen and Energy Metabolism in Broiler Chickens / C. T. Zheng, H. Jorgensen, C. E. Hoy [et al.] // Br. Poult. Sci. — 2006. — Vol. 47. — P. 180–189.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aloa S. J. Nutritional Significance of Different Fat Source for Growing Broilers / S. J. Aloa, D. Balnove // Poultry Sci. — 1985. — Vol. 64. — P. 1602–1604.
2. Atteh J.O. Effects of Dietary Levels and Types of Fat on Performance and Mineral Metabolism of Broiler Chicks / J. O. Atteh, S. Leeson // Poult. Sci. — 1983. — Vol. 62. — P. 2412–2419.
3. Atteh J.O. Influence of Age, Dietary Cholic Acid and Calcium Levels on Performance, Utilization of Free Fatty Acids and Bone Mineralization in Broilers / J. O. Atteh, S. Leeson // Poultry Sci. — 1985. — Vol. 64. — P. 1959–1971.
4. Cherry J. Noncaloric Effects of Dietary Fat and Cellulose on the Voluntary Feed Consumption of White Leghorn Chickens / J. Cherry // Poultry Sci. — 1982. — Vol. 61. — P. 345–350.
5. Crespo N. Dietary Fatty Acid Profile Modifies Abdominal Fat Deposition in Broiler Chickens / N. Crespo, E. Estev-Garcia // Poult. Sci. — 2001. — Vol. — 80. — P. 71–78.
6. Ibne A. Emulsifiers in Poultry Nutrition – An indispensable feed additive / A. Ibne // M. V. Sc. — IVRI. — URL: <https://www.pashudhanpraharee.com/emulsifiers-in-poultry-nutrition-an-indispensable-feed-additive/> (accessed: 10.12.2023).
7. Farman S. Emulsifiers in the Poultry Industry / S. Farman, D. Babazadeh, M. A. Arain // World's Poultry Science Journal. — № 73(3). — P. 611–620.
8. Ferreira W. M. Digestão e metabolismo dos lipídios [Digestion and Metabolism of Lipids] / W. M. Ferreira // Belo Horizonte: UFMG Veterinary School. — 1999. — P. 1–34. [in Portuguese]
9. Fisher H. Fatty Acid Composition of Eggs as Influenced by Dietary Fat / H. Fisher, G. A. Leveille // Poultry Sci. — 1957. — Vol. 36. — P. 11–16.
10. Garrett R. L. Effect of Micelle Formation on the Absorption of Neutral Fat and Fatty Acids by the Chicken / R. L. Garrett, R. J. Young // J. Nutr. — 1975. — Vol. 105. — P. 827–838.
11. Hardin K. H. Changes in the Yield and in the Fatty Acid Composition of Whole Carcass and Selected Meat Portions of Broiler Chickens Fed Fat Oil Seed / K. H. Hardin, A. A. O. Lee, R. T. Sim [et al.] // Poultry sci. — 1991. — Vol. 70. — P. 2304–2314.
12. Hegsted D. M. The Influence of Dietary Fats on Serum Cholesterol Levels in Cholesterol-fed Chicks / D. M. Hegsted, A. Gotsis, F. J. Stare // J. Nutrition. — 1960. — Vol. 70. — P. 119–126.
13. J. R. Sartor Emulsifier in Broiler Diets Containing Different Fat Sources / J. R. Sartor, A. C. Guerreiro, C. Mori [et al.] // Brazilian Journal of Poultry Science. — 2011. — № 2. — P. 119–125
14. Ketels E. Effect of Ratio of Unsaturated to Saturated Fatty Acids of the Dietary Lipid Fraction on Utilization and Metabolizable Energy of Added Fats in Young Chicks / E. Ketels, G. De Groote // Poultry Science. 1989. — Vol. 68(11). — P. 1506–1512.
15. Klaus A. M. Peroxidative and Antioxidative Metabolism of the Broiler Chicken as Influence by Dietary Linoleic Acid and Vitamin E / A. M. Klaus, H. Fuhrmann, H. P. Sallmann // Arch. Geflügelk. — 1995. — Vol. 59 (6). — P. 135–144.
16. Laws B. M. The Lipase and Esterase Activities of the Pancreas and Small Intestine of the Chick / B. M. Laws, J. H. Moore // Biochem. J. — 1963. — Vol. 87. — P. 632–638.
17. Leeson S. Rapeseed Products in Poultry Nutrition / S. Leeson. — Feed Mgt., 1984. — P. 20–30.
18. Rovers M. Nutritional Emulsifier in Broiler Diets Saves Energy and Feed Costs / M. Rovers // Asian Poultry Magazine, 2017.
19. Kubis M. Emulsifier and Xylanase Can Modulate the Gut Microbiota Activity of Broiler Chickens / M. Kubis, P. Kolodziejcki, E. Pruszyńska-Oszmaleka [et al.] // Animals. — 2020. — № 10(12).
20. Melegy T. Dietary Fortification of a Natural Biosurfactant, Lysolecithin in Broiler / T. Melegy, N. F. Khaled [et al.] // African Journal of Agricultural Research. — 2010. — Vol. 5. — P. 2886–2892.
21. Michalczuk M. Effect of L-carnitine on Performance and Dressing Percentage of Broiler Chickens / M. Michalczuk, M. Lukasiewicz, J. Niemiec [et al.] // Animal Science. — 2012. — № 51. — P. 89–99.

22. Abbas M. T. Emulsifier Effect on Fat Utilization in Broiler Chicken / M. T. Abbas, M. Arif [et al.] // *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. — P. 158–167.
23. Nakano T. Lysophosphatidylcholine for Efficient Intestinal Lipid Absorption and Lipoprotein Secretion in Caco-2 Cells / T. Nakano, I. Inoue, S. Katayama [et al.] // *J. Chin. Biochem. Nutr.* — 2009. — Vol. 45. — P. 227–234.
24. Pan P. R. Effect of Season of the Year, Sex and Dietary Fats on Broiler Performance, Abdominal Fat and Preen Gland Secretion / P. R. Pan, B. C. Dilworth, E. J. Day [et al.] // *Poultry Sci.* — 1979. — Vol. 58. — P. 1564–1574.
25. Pekel A. Y. Comparison of Broiler Live Performance, Carcass Characteristics, and Fatty Acid Composition of Thigh Meat when Fed Diets Supplemented with Neutralized Sunflower Soapstock or Soybean Oil / A. Y. Pekel, G. Demirel, M. Midilli [et al.] // *J. Appl. Poult. Res.* — 2013. — Vol. 22. — P. 118–131.
26. Pinchasov Y. The Effect of Dietary Polyunsaturated Fatty Acid Concentration on Performance, Fat Deposition and Carcass Fatty Acid Composition in Broiler Chickens / Y. Pinchasov, I. Nir // *Poultry Sci.* — 1992. — Vol. — 71. — P. 1504–1512.
27. Renner R. Factors Affecting the Absorbability of Saturated Fatty Acids in the Chick / R. Renner, F. W. Hill // *J. Nutr.* — 1961. — Vol. 74. — P. 254–258.
28. Sanz M. Abdominal Fat Deposition and Fatty Acid Synthesis Are Lower and Oxidation Is Higher in Broiler Chickens Fed Diets Containing Unsaturated rather than Saturated Fat / M. Sanz, C. J. Lopez-Bote, D. Menoyo [et al.] // *J. Nutr.* — 2000. — Vol. 130. — P. 3034–3037.
29. Su W. Dietary Fatty Acid Composition Influences Energy Accretion in Rats / W. Su, P. J. H. Jones // *J. Nutr.* — 1993. — Vol. 123. — P. 2109–2114.
30. Sues M. Digestibility and Metabolizable Energy Content of Beef Tallow for Laying Hens / M. Sues // *XV World Poultry Congress*. — New Orleans, 1979. — P. 367–369.
31. Vilchez C. Effect of Feeding Palmitic Oleic and Linoleic Acids to Japanese Quail Hens (*Coturnix coturnix japonica*): Reproductive Performance and Tissue Fatty Acids / C. Vilchez, S. P. Touchburn, E. R. Chavez [et al.] // *Poultry sci.* — 1991. — Vol. 70. — P. 2484–2493.
32. Viñado A. Crude Soybean Lecithin as Alternative Energy Source for Broiler Chicken Diets / A. Viñado, L. Castillejos, A. C. Barroeta // *Poultry Science*. — 2019. — Vol. 98.
33. Wenqing L. Effects of Dietary Supplemental Bile Acids on Performance, Carcass Characteristics, Serum Lipid Metabolites and Intestinal Enzyme Activities of Broiler Chickens / L. Wenqing, H. Weigang [et al.] // *Poultry Science*. — 2017. — № 97(1).
34. Zheng C.T. Effects of Increasing Dietary Concentrations of Specific Structured Triacylglycerides on Performance and Nitrogen and Energy Metabolism in Broiler Chickens / C. T. Zheng, H. Jorgensen, C. E. Hoy [et al.] // *Br. Poult. Sci.* — 2006. — Vol. 47. — P. 180–189.