



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

Стратегии кормления животных и пути сокращения использования противомикробных препаратов в животноводстве

ДОКУМЕНТ ФАО ПО ЖИВОТНОВОДСТВУ И ОХРАНЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ / ВЫПУСК 184



Стратегии кормления животных и пути сокращения использования противомикробных препаратов в животноводстве

Авторы

Коэн Х.М. Смитс

Отдел научных исследований и разработок, «Трау Нутришен» (Амерсфорт, Нидерланды)

Дефа Ли

Главная государственная лаборатория кормления животных, Китайский сельскохозяйственный университет (Пекин, Китай)

Джон Ф. Пэйшенс

Факультет зоотехнии, Университет штата Айова (Эймс, США)

Лео А. ден Хартог

Кафедра кормления животных, Вагенингенский университет и научно-исследовательский центр (Вагенинген, Нидерланды)

Редакционная коллегия

Аннамария Бруно

Бывший старший специалист по стандартам на пищевые продукты, Секретариат Комиссии «Кодекс Алиментариус»

Даниэла Батталья

Специалист по животноводству, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО)

Обязательная ссылка

Смитс, К.Х.М., Ли, Д., Пэйшенс, Д.Ф. и ден Хартог, Л.А. 2022. *Стратегии кормления животных и пути сокращения использования противомикробных препаратов в животноводстве*. Документ ФАО по животноводству и охране здоровья животных, №184. Рим, ФАО. <https://doi.org/10.4060/cb5524ru>

Используемые обозначения и представление материала в настоящем информационном продукте не означают выражения какого-либо мнения со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) относительно правового статуса или уровня развития той или иной страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ или рубежей. Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей, независимо от того, запатентованы они или нет, не означает, что ФАО одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются.

Мнения, выраженные в настоящем информационном продукте, являются мнениями автора (авторов) и не обязательно отражают точку зрения или политику ФАО.

ISBN 978-92-5-136783-4

© ФАО, 2022



Некоторые права защищены. Настоящая работа предоставляется в соответствии с лицензией Creative Commons "С указанием авторства – Некоммерческая- С сохранением условий 3.0 НПО" (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.ru>).

Согласно условиям данной лицензии настоящую работу можно копировать, распространять и адаптировать в некоммерческих целях при условии надлежащего указания авторства. При любом использовании данной работы не должно быть никаких указаний на то, что ФАО поддерживает какую-либо организацию, продукты или услуги. Использование логотипа ФАО не разрешено. В случае адаптации работы она должна быть лицензирована на условиях аналогичной или равнозначной лицензии Creative Commons. В случае перевода данной работы, вместе с обязательной ссылкой на источник, в него должна быть включена следующая оговорка: «Данный перевод не был выполнен Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО). ФАО не несет ответственности за содержание или точность данного перевода. Достоверной редакцией является издание на [указать язык оригинала] языке».

Возникающие в связи с настоящей лицензией споры, которые не могут урегулированы по обоюдному согласию, должны разрешаться через посредничество и арбитражное разбирательство в соответствии с положениями Статьи 8 лицензии, если в ней не оговорено иное. Посредничество осуществляется в соответствии с "Правилами о посредничестве" Всемирной организации интеллектуальной собственности <http://www.wipo.int/amc/ru/mediation/rules/index.html>, а любое арбитражное разбирательство должно производиться в соответствии с "Арбитражным регламентом" Комиссии Организации Объединенных Наций по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ).

Материалы третьих лиц. Пользователи, желающие повторно использовать материал из данной работы, авторство которого принадлежит третьей стороне, например, таблицы, рисунки или изображения, отвечают за то, чтобы установить, требуется ли разрешение на такое повторное использование, а также за получение разрешения от правообладателя. Удовлетворение исков, поданных в результате нарушения прав в отношении той или иной составляющей части, авторские права на которую принадлежат третьей стороне, лежит исключительно на пользователе.

Продажа, права и лицензирование. Информационные продукты ФАО размещаются на веб-сайте ФАО (www.fao.org/publications); желающие приобрести информационные продукты ФАО могут обращаться по адресу: publications-sales@fao.org. По вопросам коммерческого использования следует обращаться по адресу: www.fao.org/contact-us/licence-request. За справками по вопросам прав и лицензирования следует обращаться по адресу: copyright@fao.org.

Фотография на обложке: © ФАО/Ноэль Селис

Содержание

Выражение признательности	v
Резюме	vii
Введение	1
Цель и сфера применения	3
Общие принципы пищеварения и иммунной защиты желудочно-кишечного тракта	5
Симбиоз и иммунная защита	5
Развитие иммунной системы молодых животных	11
Дисбиоз	12
Корректировка рациона для усиления иммунной защиты желудочно-кишечного тракта	15
Потребление и качество воды	15
Безопасность и качество кормов	17
Частота кормления	19
Форма и размер кормовых частиц	20
Белок	21
Крахмал и сахара	22
Жиры	23
Клетчатка	23
Кальций, фосфор и натрий	26
Медь и цинк	27
Витамины	28
Кормовые добавки	29
Стратегии кормления и пищевой рацион свиней	33
Свиноматки и поросята в подсосный период	33
Поросята-отъемыши	34
Свиньи на дорастивании и откорме	37
Стратегии кормления и пищевой рацион домашней птицы	39
Родительское стадо бройлеров	39
Куры-бройлеры	39
Индейки	42
Куры-несушки	42

Стратегии кормления и пищевой рацион жвачных животных	45
Телята молочных и мясных пород	45
Молочные коровы	46
Мясной скот	49
Заявления о пользе мероприятий в области кормления для здоровья животных	51
Передовой опыт организации кормления в рамках программ по сокращению использования антибиотиков	53
Выводы	54
Библиография	59
Глоссарий	89

Выражение признательности

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) выражает признательность всем экспертам, принявшим участие в подготовке настоящей публикации: Коэну Х. М. Смитсу, Дефа Ли, Джону Ф. Пэйшенсу и Лео А. ден Хартогу за составление, а Аннамари Бруно и Даниэле Батталья – за редактирование текста.

Организация выражает благодарность Флер Бринке за рецензирование документа, Эндрю Моррису за редакционную поддержку и Энрико Маши за компьютерную верстку.

Выпуск настоящей публикации осуществлен при финансовой поддержке Фонда Флеминга.

Перевод данного пособия на русский язык был осуществлен в 2021 году при поддержке фармацевтической компании MSD Animal Health.

Резюме

Устойчивость к противомикробным препаратам – растущая угроза мирового масштаба. В этой связи проводятся кампании по рациональному применению таких препаратов, принимаются меры политического характера по обеспечению их надлежащего использования в отношении людей, животных и растений. Ограничение использования противомикробных препаратов находится на повестке дня множества организаций и учреждений по всему миру. Производители выделяют ресурсы на осуществление различных мер, в частности, в сфере биозащиты, генетики, здравоохранения, управления фермерскими хозяйствами и питания, направленных на профилактику заболеваний и минимизацию применения противомикробных препаратов. Молодые животные (поросята, цыплята-бройлеры и телята) особенно подвержены болезням и нарушениям, и потому в отношении таких животных противомикробные препараты используются достаточно активно. Функциональное кормление, направленное на укрепление здоровья животных – один из доступных способов снижения потребности в противомикробных препаратах в животноводстве. Питание влияет на важнейшие функции организма, необходимые для выработки иммунной защиты и устойчивости к болезням. Следовательно, стратегии кормления животных должны быть направлены на поддержку систем иммунной защиты и сокращение риска наличия в кормах и воде потенциально вредных веществ, например, микотоксинов, ингредиентов, ухудшающих пищевые свойства, патогенных бактерий и других микроорганизмов. Общие меры в области кормления, укрепляющие здоровье желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) включают, в частности, функциональное использование пищевой клетчатки для стимуляции желудочно-кишечной секреции и моторики, снижение содержания белка в пище во избежание чрезмерной ферментации белка в задней кишке, а также избирательное применение определенных сочетаний кормовых добавок и ингредиентов для стабилизации кишечной микробиоты и поддержки функции мукозального барьера. Кроме того, в целях повышения уровня безопасности кормов и воды могут использоваться органические кислоты. Эти знания, будучи примененными для выработки передового опыта кормления животных, могут способствовать осуществлению стратегий по снижению потребности в противомикробных препаратах и противодействию устойчивости к таким препаратам.

Ключевые слова: устойчивость к противомикробным препаратам, применение противомикробных препаратов, противомикробные препараты, антибиотик, здоровое пищеварение, животноводство, охрана здоровья животных, корма, кормовые добавки, кормление животных.

Введение

Устойчивость к противомикробным препаратам (УПП) представляет все большую угрозу для здоровья человека и животных, и уровень распространения УПП во многих странах мира вызывает тревогу. Ненадлежащее использование противомикробных препаратов в здравоохранении и животноводстве считается одним из ключевых факторов формирования УПП. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) опубликованы Руководящие принципы по применению важных в медицинском отношении противомикробных препаратов в продовольственном животноводстве. К ним относятся антибиотики природного происхождения, полусинтетические или синтетические вещества с бактерицидными (бактерицидными) или бактериостатическими свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*. Существует три категории антибиотиков, используемых в медицине: «важные», «очень важные» и «критически важные». К критически важным для медицинского применения относятся такие антибиотики, как аминогликозиды, цефалоспорины третьего и четвертого поколений, фторхинолоны, гликопептиды, макролиды, некоторые пенициллины широкого спектра действия и колистин, при этом все они также используются в продовольственном животноводстве.

В животноводческой отрасли антибиотики применяются в качестве стимуляторов роста (СР), а также для профилактики и лечения заболеваний (Sneeringer *et al.*, 2015). Согласно оценке Van Voeckel *et al.* (2015), в 2010 году в животноводческой отрасли 228 стран была использована 63 151 тонна антибиотиков. Авторы публикации прогнозируют рост общемирового потребления антибиотиков на 67 процентов к 2030 году, и примерно двукратный рост соответствующего показателя в Бразилии, России, Индии и Китае, если не будут введены дополнительные ограничения на их использование. В этой связи ВОЗ недавно опубликовала рекомендации, предписывающие избегать применения важных для медицины антибиотиков для стимуляции роста или профилактики инфекционных болезней сельскохозяйственных животных животных в отсутствие клинического диагноза и использовать надлежащие антибиотики для лечения животных только в тех случаях, если у одной или нескольких особей в стаде было клинически диагностировано инфекционное заболевание (ВОЗ, 2017а). Европейская комиссия приняла решение о запрете всех стимуляторов роста в животноводстве еще в 2006 году. Сначала такая мера привела к определенным последствиям. В первые годы после введения запрета увеличилось число случаев назначения антибиотиков ветеринарами в профилактических и лечебных целях (Cogliani, Goossens and Greko, 2011). В то же время ряд стран, например, Дания и Нидерланды, в ответ оперативно приняли дополнительные меры. Было введено строгое регулирование применения антибиотиков, в том числе запрет на использование кормов с добавлением медицинских препаратов, и началось внедрение передового опыта в области зоотехники, питания и здравоохранения. Такой многофакторный и многосторонний подход позволил существенно снизить объемы использования антибиотиков (MARAN, 2018) при сохранении высокой продуктивности и благополучия животных. Вызывает оптимизм тот

факт, что сокращение масштабов применения антибиотиков в Нидерландах совпало со снижением распространенности (мульти-)резистентных бактериальных патогенов (MARAN, 2018). Недавно проведенный мета-анализ 81 исследования (Tang *et al.*, 2017) подтвердил, что ограничение использования антибиотиков у сельскохозяйственных животных сопровождается снижением УПП.

В Соединенных Штатах Америки в соответствии с новой Директивой о ветеринарных кормах (ДВК), действующей с 1 января 2017 года, в животноводстве ограничено использование всех противомикробных препаратов, считающихся важными для здоровья человека. В частности, такие препараты больше не могут использоваться для стимуляции роста, их применение в качестве добавки к кормам разрешено только в случае, если ветеринар на основании диагностических процедур выявит конкретное инфекционное заболевание и подготовит официальный документ, определяющий рецептуру корма с добавлением ветеринарных препаратов. Некоторые антибиотики, не применяемые в медицине, по-прежнему могут использоваться для стимуляции роста. В новом докладе Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов отмечено, что объемы продажи и распространения противомикробных препаратов, важных для медицинского применения, сократились на 33 процентов за период с 2016 по 2017 год и на 43 процентов в период с 2015 по 2017 год (FDA, 2018). Аналогичный подход был принят в Канаде 1 декабря 2018 года, но сведений о его влиянии на использование противомикробных препаратов на сегодня не имеется.

Ограничение использования противомикробных препаратов находится на повестке дня множества организаций и учреждений по всему миру. Производители перенимают передовой опыт в сфере биозащиты, здравоохранения, обеспечения благополучия животных, генетики, управления фермерскими хозяйствами, кормления и питания животных в той степени, в которой это возможно в практическом и экономическом плане, а также с точки зрения благополучия животных. В целом такие меры направлены на снижение инфекционной нагрузки на окружающую среду и повышение устойчивости животных к болезням и к внешним воздействиям. Минимизация стресса, обусловленного социальными факторами и условиями окружающей среды, тщательно проработанные адресные планы вакцинации и рационы, способствующие укреплению здоровья, позволят повысить устойчивость к заболеваниям. Питание подразумевает не только обеспечение надлежащего количества питательных веществ, необходимых для различных функций организма, например, репродукции и роста, но и – с учетом его влияния на функции, играющие ключевую роль в механизмах иммунной защиты и устойчивости к болезням, – поддержание здоровья животных.

Цель и сфера применения

Противомикробные препараты широко используются при разведении наземных и водных животных. В то же время, с учетом масштабов их применения, цель настоящей работы заключается в описании рекомендаций относительно стратегий кормления и рационов животных, способных поддержать здоровье желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) свиней, домашней птицы и жвачных, а также укрепить иммунную систему животных в периоды важнейших изменений, когда риск для здоровья существенно повышается. Укрепление здоровья ЖКТ может, в свою очередь, снизить потребность в использовании антибиотиков. Рождение и отъем входят в число важнейших периодов жизни недавно рожденных млекопитающих, например поросят и телят. Перевод в другие помещения сравнительно молодых животных с незрелой иммунной системой – второй важный фактор стресса, представляющий опасность для их здоровья. Для цыплят-бройлеров периодом высокого риска является вылупление и две или три последующие недели, поскольку у молодых птиц еще не развита значительная часть элементов иммунной защиты. Поэтому неудивительно, что применение антибиотиков при кишечных нарушениях у молодых животных весьма распространено (Merle *et al.*, 2014; van Rennings, 2018). Свиноматки и молочные коровы более подвержены риску инфекционных заболеваний в период опороса и отела соответственно. Роды и незамедлительное начало лактации после родов – значительная метаболическая и физиологическая нагрузка, снижающая уровень устойчивости к болезням и делающая организм более уязвимым для патогенов. Помимо риска развития кишечных заболеваний, резкие изменения в период родов могут вызвать инфекции матки, мочевыводящих путей и молочных желез. Корректировка рациона, касающаяся кормов или питьевой воды, – действенный способ укрепить здоровье кишечника или ЖКТ и устранить или сократить потребность в использовании антибиотиков, особенно в такие периоды важнейших изменений. В настоящем документе термины «здоровье кишечника» или «здоровье ЖКТ» означают отсутствие заболеваний желудочно-кишечного тракта, эффективное переваривание и усвоение корма, а также нормальную и развитую микробиоту (Bischoff, 2011).

Другой ключевой областью применения антибиотиков является профилактика и лечение респираторных заболеваний. Биологическая защита, вакцинация и управление микроклиматом – первоочередные способы снижения риска респираторных заболеваний. При этом, согласно последним данным, при выработке иммунной защиты между кишечником и легкими существует важное взаимодействие (Samuelson, Welsh and Shellito, 2015). Теперь представляется возможным, что укрепление иммунной защиты кишечника посредством улучшения питания может повышать устойчивость к респираторным инфекциям. К сожалению, научных сведений и практического опыта по вопросу такой взаимосвязи в настоящее время крайне мало, поэтому ее дальнейшее изучение является перспективным направлением исследований.

Настоящая публикация посвящена в основном стратегиям кормления, направленным на снижение риска кишечных заболеваний в периоды важнейших изменений, когда антибиотики применяются достаточно часто. В ней также проанализированы принципы работы механизмов иммунной защиты, которые зависят от питания животных и могут быть укреплены с его помощью. Кроме того, здесь изложены основные подходы к разработке рациона и управлению кормлением и поением животных. Наконец, в настоящей работе более подробно описано практическое применение методов корректировки рациона в периоды важнейших изменений в жизни свиней, домашней птицы и жвачных, с особым вниманием к тем категориям видов животных, в отношении которых антибиотики применяются особенно широко (например, поросята, бройлеры и телята).

Общие принципы пищеварения и иммунной защиты желудочно-кишечного тракта

СИМБИОЗ И ИММУННАЯ ЗАЩИТА

Микробиота и организм-хозяин образуют «суперорганизм». Микробиота играет ключевую роль в иммунной защите, пищеварении и метаболизме, и может даже оказывать влияние на поведение животного (Aziz *et al.*, 2013; Takiishi, Fenero and Câmara, 2017; Wu and Wu, 2012). Организм-хозяин и микробиом живут в симбиозе, и в случае здорового животного находятся в состоянии гомеостаза. Полезные микроорганизмы преобладают в микробиоме кишечника и эффективно борются с оппортунистическими патогенами (Bowring, Jenkins and Collins, 2015; Eeckhaut *et al.*, 2011; Huyghebaert, Ducatelle and Immerseel, 2011). В нормальном состоянии микробиота находится в равновесии с организмом животного-хозяина. Наиболее распространенным типом бактерий в составе микробиоты желудка и кишечника является *Firmicutes*, в который, помимо прочих, входят роды *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* и *Clostridium*. Помимо типа *Firmicutes*, довольно значительную долю микробиоты ободочной и слепой кишок, а также передней кишки жвачных составляет тип *Bacteroidetes*. Эти типы включают широкий спектр бактерий, сбрасывающих клетчатку и вырабатывающих короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК). Содержание *Proteobacteria* и *Actinobacteria* низкое. *Escherichia coli* и *Salmonella* принадлежат к семейству *Enterobacteriaceae*, входящему в группу *Proteobacteria*. Только у новорожденных поросят и телят, а также у цыплят в первые дни жизни может быть обнаружено сравнительно большое количество *Proteobacteria*, но оно быстро сокращается в течение этого периода. Когда животное находится в отношениях симбиоза со своей микробиотой, ее состав характеризуется значительным разнообразием видов бактерий со сравнительно высокой долей полезных бактерий и низкой долей потенциально патогенных бактерий (патобионтов). К видам бактерий, оказывающих благотворное воздействие на здоровье, относятся в том числе *Ruminococcus spp.*, *Feacalibacterium prausnitzii* и *Bifidobacterium spp.*

ЖКТ обладает сложно организованной системой контроля и регулирования как вредоносной, так и полезной микробиоты, и именно в нем происходит большая часть взаимодействия между внутренними органами и внешней средой бактерий, вирусов и паразитов. Наилучшим методом, направленным на поддержание здоровья ЖКТ без применения антибиотиков, является соблюдение принципов укрепления иммунной защиты. Важную часть защиты от патогенов обеспечивают функции пищеварения и абсорбции. Организм-хозяин позволяет комменсальным бактериям взаимодействовать, ферментировать и синтезировать питательные вещества, но в то же время он должен удерживать микробиом в узких диапазонах с помощью выделений, моторики и функции мукозального барьера. В частности, уровень pH и время

пребывания содержимого в различных отделах ЖКТ должны строго контролироваться для регулирования микробиома и оптимизации пищеварительных функций. Сбои и нарушения этих пищеварительных функций могут вызвать дисбаланс между микробиомом и организмом-хозяином, что приводит к пагубным для здоровья животного последствиям.

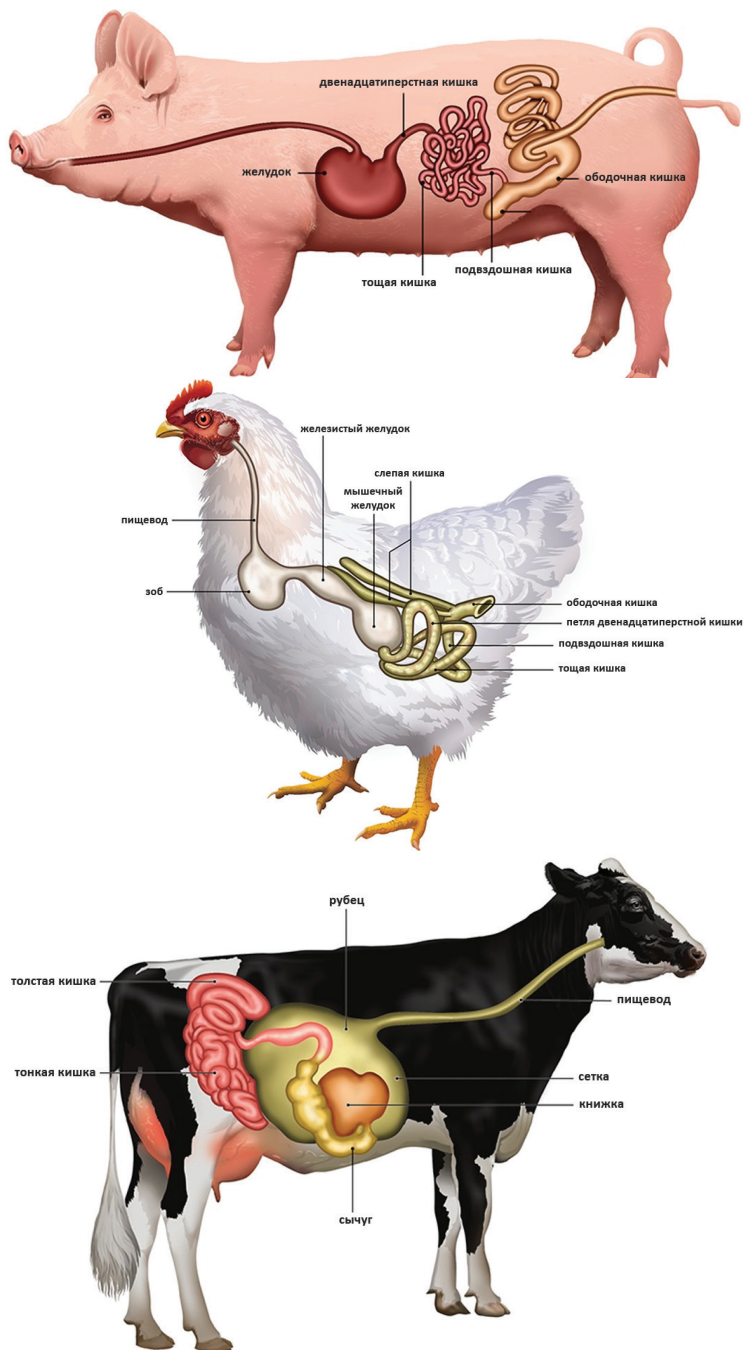
На рис. 1 показаны некоторые ключевые различия в анатомическом строении свиней, домашней птицы и жвачных. Свиньи и домашняя птица обладают моногастрической пищеварительной системой. Уровень pH в желудке свиней, получающих неограниченное питание, варьируется в пределах 3,5-4,5, и далее возрастает в результате секреции бикарбоната в панкреатическом соке до pH 5,5-6,5 в тонком кишечнике. Наконец, в толстом кишечнике происходит ферментация остатков материала с образованием КЦЖК. Значительная доля секретируемой воды и электролитов абсорбируется вновь для повторного использования. Нормальный уровень pH в слепой и ободочной кишках свиней также составляет от 5,5 до 6,5.

У домашней птицы железистый и мышечный желудки выполняют функции, аналогичные функциям желудка свиней. Прежде чем содержимое попадет в железистый желудок, проглоченный корм удерживается в зобе для смачивания и ферментации несколькими видами бактерий *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* (Borda-Molina, Seifert and Camarinha-Silva, 2018; Svihus, 2014). В железистом желудке проглоченный корм подкисляется, а мышечный желудок благодаря мощной мускулатуре тщательно перемешивает содержимое и уменьшает размер его частиц. Уровень pH содержимого железистого и мышечного желудков составляет от 3,5 до 4,5. Как и у свиней, выделение панкреатического сока повышает уровень pH в проксимальной части тонкого кишечника до значений в диапазоне 5,5-6,5.

Основная часть переваривания питательных веществ и их абсорбции происходит в тонком кишечнике, который состоит из двенадцатиперстной кишки, тощей кишки и подвздошной кишки. Панкреатический сок и желчь выделяются в просвет двенадцатиперстной кишки. Бикарбонат – буферное вещество в составе панкреатического сока – нейтрализует низкий уровень pH содержимого желудка. Двенадцатиперстная кишка не только является органом, где происходит значительная часть пищеварительного процесса, но и обладает высокочувствительной системой отслеживания и контроля абсорбции питательных веществ и содержания микроорганизмов. Тощая кишка – основной участок, где происходит дальнейшее и окончательное переваривание пищи, а также усвоение питательных веществ. Реабсорбция солей желчных кислот происходит в подвздошной кишке. Кроме того, подвздошная кишка выполняет дополнительную функцию поглощения питательных веществ и воды. Непереваренный материал поступает в слепую и ободочную кишки для ферментации сложным микробиомом. Различные микробные метаболиты, в том числе короткоцепочечные жирные кислоты, абсорбируются в слепой и ободочной кишках. Слепая кишка у птиц расположена на стыке подвздошной и прямой кишок; у большинства птиц, включая бройлеров, кур-несушек и индеек этот орган является парным.

Важным различием между домашней птицей и свиньями является способность птицы к рефлюксу, т. е. к передвижению содержимого вверх и вниз по тонкому кишечнику. Таким образом, птицы могут удерживать перевариваемую массу дольше

РИС. 1
Схематическое представление пищеварительных систем свиней, домашней птицы и жвачных.



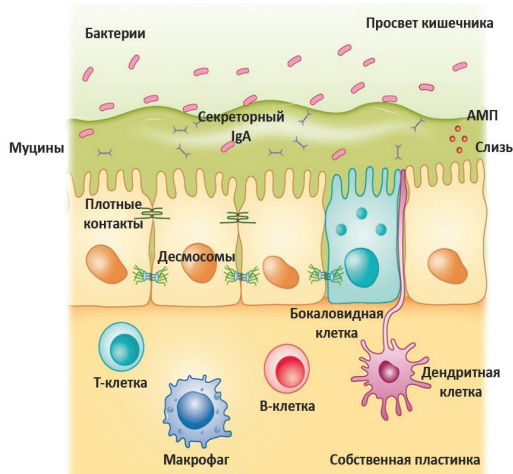
Источник: рисунки созданы Ф. Бринке по просьбе авторов настоящего доклада.

и обеспечивать ее более интенсивный контакт со слизистой оболочкой. Кроме того, для ферментации пищи у птиц имеется две слепые кишки вместо одной, хотя в слепую кишку и попадает только часть содержимого, в зависимости от размера его частиц. По сравнению со свиньями способность бройлеров и несушек к ферментации относительно низкая. Уровень pH в слепой кишке варьируется от 6 до 7.

У жвачных рубцовая ферментация проглоченного корма происходит до подкисления и гидролиза. Использование микроорганизмов, эффективно ферментирующих неусваиваемые углеводы, позволяет жвачным питаться кормами с высоким содержанием клетчатки. У жвачных есть три специальных органа, выполняющих эту функцию: рубец, сетка и книжка. Основным «сосудом» для ферментации является рубец, содержащий крайне разнообразный микробиом, а также сосочки на поверхности слизистой оболочки рубца для абсорбции КЦЖК. В процессе жвачки животное отрыгивает содержимое рубца и пережевывает его повторно для уменьшения размера его частиц, прежде чем оно снова попадет в рубец. Сетка выступает в качестве промежуточного сортировального органа, собирающего более мелкие частицы содержимого и выталкивающего их в книжку, при этом более крупные частицы остаются в рубце для дальнейшего переваривания. Уровень pH в рубце, сетке и книжке – от 6 до 7. Книжка поглощает воду и электролиты для повторного использования. КЦЖК, образующиеся и абсорбируемые на всем протяжении желудочно-кишечного тракта, имеют ключевое значение для удовлетворения потребностей жвачных в питательных веществах. Начиная с этого этапа переваривание и поглощение питательных веществ в сычуге, тонком и толстом кишечнике происходит примерно так же, как у свиней и домашней птицы. Диапазоны pH в тонком и толстом кишечнике этих животных также сопоставимы.

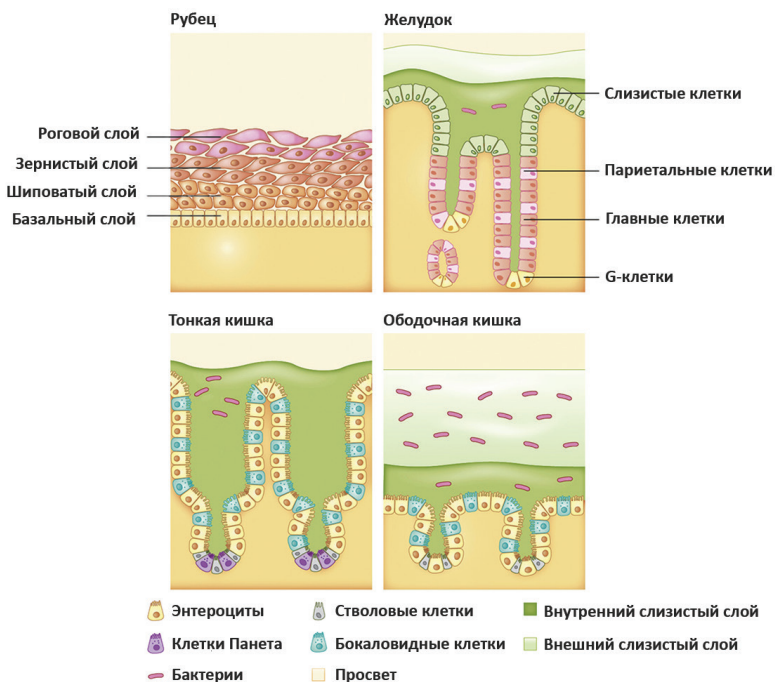
Организм-хозяин производит и выделяет в ЖКТ широкий спектр соединений с противомикробными свойствами для поддержания равновесия микробиома. Примеры таких соединений включают соляную кислоту в желудочном соке, лизоцим в слюне, соли желчных кислот в желчи и противомикробные пептиды и иммуноглобулины в панкреатическом соке и слизи (Begley, Gahan and Hill, 2005; Corfield *et al.*, 2001; Hofmann and Eckmann, 2006; Joyce *et al.*, 2014; Mukherjee and Hooper, 2015; Rubinstein *et al.*, 1985). Пережевывание, перистальтика и моторика ЖКТ обеспечивают необходимое перемешивание содержимого с этими противомикробными выделениями, а также его транзит. Кроме того, благодаря мукозальному барьеру происходит окончательное переваривание и усвоение питательных веществ из просвета ЖКТ при одновременном предотвращении атаки и/или вторжения патогенных микроорганизмов (Sansonetti, 2011). Этот барьер также защищает слизистую оболочку от чрезмерного воздействия пищеварительных ферментов и кислой среды желудка в передней кишке. Первый барьер состоит из слоя слизи, содержащегося в нем комменсального микробиома, выделений с противомикробными свойствами, например антимикробных пептидов (АМП) и иммуноглобулинов (Clavijo and Flórez, 2018; Corfield *et al.*, 2001; Johansson, Sjövall and Hansson, 2013; Li *et al.*, 2015). Второй барьер состоит из слоя плотно связанных между собой клеток эпителия, которые играют роль физического препятствия (Allaire *et al.*, 2018; Vancamelbeke and Vermeire, 2017). Последним барьером является мукозальная иммунная система, обладающая механизмом защиты для распознавания, выцеливания и уничтожения патогенов (Ahluwalia, Magnusson and Öhman, 2017;

РИС. 2
Схематическое представление строения эпителия и слизистой оболочки в различных отделах желудочно-кишечного тракта.



Источник: Vancamelbeke and Vermeire, 2017.

РИС. 3
Схематическое представление строения эпителия и слизистой оболочки в различных отделах желудочно-кишечного тракта жвачных, свиней и домашней птицы.



Источник: адаптировано из Johansson, Sjövall and Hansson, 2013; Steele et al., 2016.

Duerkop, Vaishnav and Hooper, 2009; Johansson and Hansson, 2016; Wu *et al.*, 2012). На рис. 2 показаны основные элементы мукозального барьера.

Мукозальный барьер отделяет просвет кишечника от остального организма. Слизистый слой состоит из гидратированного геля, сформированного муцинами, выделяемыми бокаловидными клетками. Эпителий состоит из эпителиальных клеток, выстилающих кишечник. Контактные комплексы, в том числе плотные контакты и десмосомы, запечатывают соседние клетки и контролируют проницаемость между клетками. В эпителии и слое слизистой оболочки под ним расположены различные иммунные клетки, в том числе дендритные клетки, макрофаги, интраэпителиальные лимфоциты, Т-регуляторные клетки и В-клетки. Плазматические клетки вырабатывают секреторный иммуноглобулин А (IgA), транспортируемый в просвет внутренней эластической мембраной (ВЭМ). Антимикробные пептиды (АМП) секретируются клетками Панета в слизистый слой.

Строение мукозального барьера в разных отделах ЖКТ неодинаково (рис. 3). Рубец, сетка и книжка жвачных покрыты многослойным плоским эпителием (Steele *et al.*, 2016). Эпителиальная и поглощающая поверхность увеличена за счет структуры, состоящей из сосочков. Верхний слой (роговой) действует в качестве защитного барьера и состоит из мертвых кератиноцитов, под которыми расположены зернистый, шиповатый и базальный слои. Микробы колонизируют роговой слой, но не проникают в более глубокие слои. Клетки, выделяющие слизь, отсутствуют. Основная функция эпителиальных клеток – абсорбция КЦЖК.

Желудок свиней, железистый желудок домашней птицы, сычуг жвачных, а также тонкая и ободочная кишки покрыты однослойным столбчатым эпителием, содержащим абсорбирующие эпителиальные клетки, клетки, секретирующие слизь, и энтероэндокринные клетки. В желудке находится множество клеток, выделяющих слизь, и секреторных клеток. Расположенные на поверхности слизистые клетки вырабатывают слизь и бикарбонат, париетальные клетки выделяют соляную кислоту, главные клетки – пепсиноген и химозин, а G-клетки секретируют гастрин. Слизь разделена на два слоя: внешний слой рыхлый, внутренний – плотный, прочно прикрепленный. Бикарбонат натрия выделяется в слизь для обеспечения pH микросреды на уровне от 5 до 6, что позволяет защитить эпителиальные клетки от воздействия низкого pH. Кроме того, эпителиальные клетки вырабатывают пепсин, липазу, соляную кислоту, бикарбонат и слизь, образуя при этом один слой. Количество иммунных клеток ограниченное.

Тонкий кишечник покрыт относительно толстым единственным слоем пластичной слизи, которая становится более плотной и непластичной («неперемешиваемой») ближе к его поверхности. Эпителиальный слой содержит: i) энтероциты, с ферментами щеточной каемки и механизмами транспорта для переваривания и поглощения питательных веществ; ii) бокаловидные клетки для выработки слизи и iii) сравнительно большое количество иммунных клеток, выполняющих функцию иммунного надзора и ответа, например, М-клеток и дендритных клеток. Барьерный слой тонкого кишечника распознает потенциальные патогены и выделяет защитные пептиды и иммуноглобулины. Он содержит достаточно большое количество абсорбирующих, иммунных и энтероэндокринных клеток, а также клеток Панета, секретирующих антимикробные пептиды.

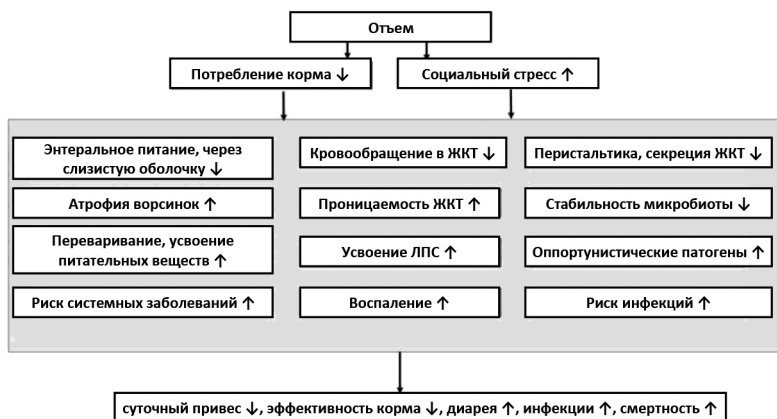
Подобно желудку, толстый кишечник покрыт двойным слоем слизи. Во внешнем рыхлом слое обитают комменсальные бактерии. Внутренний слизистый слой плотный, он прочно прикреплен к эпителиальным клеткам. Он служит физико-химическим барьером, препятствующим проникновению бактерий на поверхность эпителия. К эпителиальным клеткам относятся энтероциты, способные абсорбировать питательные вещества, которые образуются в результате ферментации, бокаловидные и иммунные клетки. По сравнению с тонким кишечником иммунные клетки в слизистой оболочке толстого кишечника присутствуют в меньшем количестве. Благодаря разнообразной и концентрированной популяции таких специализированных клеток, а также связанному с ними слизистому слою, кишечник часто называют крупнейшим иммунным органом тела.

РАЗВИТИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ МОЛОДЫХ ЖИВОТНЫХ

Пищеварительная и иммунная системы молодых животных развиваются после рождения или вылупления, что подвергает их риску при воздействии неблагоприятных факторов. Передача иммунной компетенции от матери к потомству посредством пассивной иммунизации крайне важна в первые дни жизни. Поросята и телята приобретают пассивный иммунитет через иммуноглобулины, получаемые с молозивом, а цыплята-бройлеры – через желточный мешок (Hamal *et al.*, 2006; Rooke and Bland, 2002; Weaver *et al.*, 2000). Помимо иммуноглобулинов, в молозиве и желточном мешке содержится широкий спектр модулирующих микробиоту иммуноактивных соединений и стимулирующих факторов роста, биоактивных аминов и пептидов (Stelwagen *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2002). Получение молозива в достаточном количестве жизненно важно для выработки иммунной компетенции и здоровья в будущем. В процессе рождения или вылупления у новорожденных также начинается формирование собственного микробиома. В течение первых критически важных дней животному будет необходимо научиться реагировать на соединения, содержащиеся в рационе и окружающей среде, и переносить их воздействие. Его организм должен научиться определять, какие микроорганизмы можно считать «дружественными», а с какими следует бороться (Bauer *et al.*, 2006; Mach *et al.*, 2015; Round and Mazmanian, 2009).

Иммунная система должна развиваться быстро, поскольку иммунитет, приобретаемый пассивно от матери, действует только в течение ограниченного времени – примерно четыре недели после рождения у поросят и телят, и две недели после вылупления у цыплят-бройлеров (Simon, 2016). Несмотря на то, что молодое животное при рождении или вылуплении уже обладает врожденной (неспецифической) иммунной системой, ему необходимо быстро выработать специфическую иммунную систему, более эффективно борющуюся с конкретными патогенами (Lammers *et al.*, 2010; Stokes, 2017). До момента ее формирования молодые животные находятся в состоянии «иммунного разрыва»: пассивный иммунитет снижается, а собственная иммунная система животного еще не в полной мере способна противодействовать патогенам. У поросят период такого разрыва совпадает со временем отъема, который обычно происходит в возрасте от трех до четырех недель. У цыплят-бройлеров более чувствительным периодом с точки зрения риска развития желудочно-кишечных и респираторных заболеваний является

РИС. 4
Реакции желудочно-кишечного тракта поросят на отъем, способные привести к потере продуктивности, диарее, заболеваниям и смерти.



Источник: адаптировано из Pluske, Turpin and Kim, 2018; Spreeuwenberg *et al.*, 2001.

возраст от двух до трех недель. Помимо ограниченной иммунной компетенции, у молодых животных по-прежнему незрелая пищеварительная система, особенно у поросят и телят. Выработка пищеварительных выделений и контроль прохода содержимого ЖКТ развиты не полностью. В первые дни жизни в кишечном микробиоме происходят радикальные изменения, а его полная стабилизация и диверсификация завершаются лишь по прошествии нескольких первых недель (Borda-Molina, Seifert and Camarinha-Silva, 2018; Kers *et al.*, 2018; Konstantinov *et al.*, 2006; Oakley *et al.*, 2018). В результате молодые животные особенно подвержены риску дисбиоза.

ДИСБИОЗ

Дисбиоз можно описать как любое отклонение в составе постоянных комменсальных бактерий по сравнению со здоровым организмом (Petersen and Round, 2014). Для сокращения потребности в антибиотиках основополагающее значение имеют принципы профилактики дисбиоза. Любое нарушение одной из ключевых функций пищеварительной и иммунной систем желудочно-кишечного тракта может привести к дисбиозу (Carding *et al.*, 2015; Teirlynck *et al.*, 2011). Дисбиоз часто является следствием требующих напряжения сил организма событий, например внезапного воздействия изменений окружающей среды, социального стресса, теплового стресса, родов, повышения уровня патогенной нагрузки (риска инфекции) или неполучения полноценного питания (Moloney *et al.*, 2014). Подобные неблагоприятные факторы могут повлиять на нормальную работу ЖКТ и функцию мукозального барьера. Значительное сокращение потребления корма и уменьшение притока крови к ЖКТ, имеющие место, например, при родах, тепловом стрессе или отъеме в случае поросят, могут вызвать гипоксию и рост окислительного стресса в слизистой оболочке. Сокращается перистальтика

и пищеварительная секреция. Далее, в частности, повышается проницаемость ЖКТ, нарушается состав комменсальной микробиоты и начинается воспаление (Lallès *et al.*, 2007; Spreewenbergh *et al.*, 2001). Недавно была установлена связь между изменениями состава и разнообразия микробиома и снижением продуктивности и эффективности при разведении бройлеров и свиней (Lu *et al.*, 2018; Stanley *et al.*, 2013a, 2013b; Torok *et al.*, 2011, 2013). Оппортунистические патогены могут колонизировать часть ЖКТ, что приводит к субклиническим или клиническим нарушениям или болезням. Наиболее значимые случаи дисбиоза у свиней, домашней птицы и жвачных происходят в молодом возрасте, в периоды важнейших изменений – рождения или вылупления, отъема или перемещения в другую среду. Кроме того, свиноматки и коровы более подвержены дисбиозу в период родов, когда возрастает риск развития инфекций не только в ЖКТ, но и в вымени и матке (Contreras, Kirkwood and Sordillo, 2013; Maes *et al.*, 2010). На рис. 4 схематически представлены изменения в желудочно-кишечном тракте, которые могут произойти после отъема поросят.

Корректировка рациона для усиления иммунной защиты желудочно-кишечного тракта

Существуют различные меры в области питания, которые могут способствовать здоровому функционированию ЖКТ и иммунной системы. Безопасность и качество воды и кормов, управление кормлением, форма корма (например, гранулы), состав рациона и использование различных кормовых добавок – весь этот инструментарий может быть задействован для поддержания здоровья животных. В целом такие меры соответствуют принципам, применимым ко всем видам животных.

ПОТРЕБЛЕНИЕ И КАЧЕСТВО ВОДЫ

Потребление воды надлежащего качества в животноводческих хозяйствах – необходимое условие здоровья животных. Суточная норма потребления воды у сельскохозяйственных животных в основном зависит от количества поедаемого корма, его состава, объема производства животноводческой продукции, физической нагрузки, термальной среды, в том числе температуры и влажности. Если животные испытывают стресс или болеют, то в интересах их благосостояния и благополучия им должен быть обеспечен постоянный доступ к воде. Недостаточное потребление воды может привести к дальнейшему ухудшению состояния здоровья и задержке в восстановлении после воздействия неблагоприятных факторов. Низкий уровень потребления воды свиноматками непосредственно после родов ведет к нарушению выработки молока и замедлению роста поросят (Fraser *et al.*, 1993). Поросятам-отъемышам, например, в первые дни после перемещения бывает трудно приспособиться к системе подачи питьевой воды, что может стать причиной неравномерного потребления воды и корма, а также затяжного стресса после отъема. Действительно, в течение первых четырех-шести дней после отъема теряется обычно высокая зависимость между потреблением корма и воды, а возникновение диареи необязательно связано с ростом водопотребления (McLeese *et al.*, 1992). Следовательно, регулярные проверки наличия питьевой воды и обеспечение беспрепятственного доступа к воде – важнейший элемент надлежащих методов ведения фермерского хозяйства, направленных на сокращение использования антибиотиков. Даже при наличии свободного доступа к воде животные могут потреблять ее в количестве, недостаточном для удовлетворения их физиологических потребностей (Fraser *et al.*, 1993). При этом, когда животные подавлены, голодны или испытывают стресс, они могут пить слишком много воды, это явление часто называют излишним потреблением (Schlink, Nguyen and Viljoen, 2010).

Другая важная составляющая надлежащих методов ведения фермерского хозяйства – контроль качества воды. Чрезмерная концентрация потенциальных

патогенов и химических загрязнителей в воде несет в себе очевидный риск для здоровья животных. С точки зрения здоровья животных высокий уровень содержания сульфатов (>500 мг/л) в питьевой воде – особый случай. Сульфаты хорошо всасываются организмом свиньи, но секретируются обратно в толстый кишечник, где производят сильный осмотический эффект. Это приводит к осмотической диарее, которая выражается в выделении крайне водянистых экскрементов, но, по-видимому, не производит других негативных воздействий (Patience, Beaulieu and Gillis, 2004). Химические и микробиологические стандарты качества воды, предназначенной для потребления человеком, обычно предоставляются национальными органами власти (ВОЗ, 2017b, 2018), однако регламенты качества воды, потребляемой сельскохозяйственными животными, существуют в намного меньшем количестве стран.

В воде могут присутствовать болезнетворные бактерии, вирусы и паразиты. Некоторые бактерии и грибы могут образовывать биопленки в системе снабжения питьевой водой, за счет чего они становятся более устойчивыми при применении биоцидов во время очистки. Для оценки качества питьевой воды используются в том числе следующие общие микробиологические показатели: общее содержание бактерий и бактерий группы кишечной палочки, а также фекальной кишечной палочки, наличие которой свидетельствует о загрязнении воды отходами (Figueras and Borrego, 2010). В то же время, в зависимости от характера предполагаемых клинических случаев, микробиологическое исследование питьевой воды может быть более обширным и охватывать другие потенциальные патогены, в том числе вирусов и простейших.

В таблице 1 представлены стандарты качества воды для свиней, домашней птицы и жвачных, определенные исходя из рекомендаций экспертов и государственных органов ветеринарных служб. Риск микробного заражения выше в поверхностных водах

ТАБЛИЦА 1

Показатели качества воды, связанные с риском микробного заражения*

Критерий качества	Рекомендации относительно приемлемых диапазонов	Комментарии
Общее количество бактерий, КОЕ/мл	<1000	Общее количество бактерий свидетельствует о чистоте системы в целом. Высокие значения не обязательно свидетельствуют о болезнетворности бактерий.
Общее количество бактерий группы кишечной палочки, КОЕ/мл	<100	Содержание бактерий группы кишечной палочки должно быть ниже определенного уровня.
Фекальная кишечная палочка, КОЕ/мл	0	Наличие фекальной кишечной палочки указывает на загрязнение экскрементами.
Потенциально патогенные микроорганизмы	В целом предпочтительны неопределяемые уровни	Может быть целесообразно провести проверку на наличие болезнетворных бактерий, вирусов, паразитов. Выбор исследования будет зависеть от предполагаемых проблем здоровья и безопасности пищевых продуктов.

* Адаптировано из GD Animal Health, 2018; Watkins, 2015; ВОЗ, 2017b, 2018.

по сравнению с грунтовыми водами, но последние также не защищены от заражения (Olkowski, 2009). Риск снижается при использовании питьевой воды, качество которой контролируется компетентными национальными органами. При этом резервуары воды на фермах, находящиеся в относительно теплой среде, могут стать идеальным местом для размножения бактерий, поэтому качество воды в таких хранилищах должно строго отслеживаться и контролироваться с проведением обработок.

Следует отметить, что несмотря на возможность изменения качества грунтовых вод со временем, поверхностные воды подвержены изменениям в гораздо большей степени. Эти изменения могут произойти в результате кумулятивного воздействия дождевой воды и поверхностного стока или же в результате испарения. Следовательно, качество поверхностных вод должно отслеживаться намного чаще, чем качество грунтовых.

В целях контроля качества воды важно проводить регулярную санитарную обработку систем хранения и подачи воды, используя дезинфицирующие средства. Как правило, для обработки воды используются различные соединения хлора, а также перекись водорода и другие средства очистки. Применение смесей органических кислот в качестве добавок к питьевой воде также является распространенной мерой в рамках программ по сокращению использования антибиотиков.

Подкисление питьевой воды обычно осуществляется в периоды важнейших изменений в жизни поросят и цыплят-бройлеров как дополнительный способ гигиенической обработки воды, борьбы с размножением микроорганизмов в поилках и кормушках, а также снижения риска желудочно-кишечных расстройств. Попадающие в организм кислоты обладают пролонгированным действием в ЖКТ, что может способствовать снижению патогенной нагрузки в проксимальной части кишечника (Canibe *et al.*, 2001; FEFANA, 2014; Hansen *et al.*, 2007; Suryanarayana, Suresh and Rajasekhar, 2012). Помимо этого, подкисление питьевой воды может быть дополнительным средством борьбы с *Salmonella* spp. у свиней и домашней птицы (van der Wolf *et al.*, 2001). Дозировка кислот, необходимая для достижения определенного уровня pH питьевой воды, зависит от ее щелочности. Обязательным требованием является использование надлежащих систем дозирования кислот и строгое соблюдение рекомендаций по дозировке.

БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРМОВ

Обеспечение безопасности и качества кормов требует принятия ряда мер. К ним относится минимизация микробиологических, химических и физических рисков; обеспечение надлежащего количества доступной энергии и питательных веществ в соответствии с потребностями животного; контроль физических характеристик кормов, например размера частиц, прочности и твердости гранул. Управление рисками, связанными с безопасностью кормов и кормовых ингредиентов, – ключевой элемент надлежащей практики изготовления кормов. Руководство «Good Practices for the Feed Sector» («Надлежащая практика для кормового сектора»), опубликованное FAO и Международной федерацией кормовой промышленности (МФКП), содержит всеобъемлющую информацию о способах обеспечения безопасности кормов с целью гарантировать безопасность пищевых продуктов животного происхождения (FAO & IFIF, 2020). Использование альтернативных источников кормов и агропромышленной

сопутствующей продукции – устойчивое и часто экономически и экологически целесообразное решение, но оно может быть чревато дополнительными рисками, которые обуславливаются изменением питательной ценности корма и наличием потенциально патогенных микроорганизмов или микотоксинов (Crawshaw, 2003). Меры контроля безопасности и качества кормов и кормовых ингредиентов, как правило, являются частью системы контроля качества, основанной на анализе рисков и критических контрольных точек (ХАССП), их следует выполнять неукоснительно. Далее приведены несколько примеров.

Мероприятия по удалению *Salmonella* spp. из кормов и кормовых ингредиентов обычно основаны на снижении риска бактериального заражения (Crump, Griffin and Angulo, 2002; Jones, 2011). Меры контроля, принимаемые производителями кормов, включают обеспечение отсутствия *Salmonella* в закупаемых кормовых ингредиентах, высокотемпературную обработку и использование противомикробных препаратов (AFIA, 2010; FAO и МФКП, 2010). К прочим осуществляемым ими мерам относятся санитарная обработка и очистка кормопроизводящего завода, борьба с вредными организмами и пылью, регулирование влажности, а также контроль риска заражения во время хранения и транспортировки. Для уничтожения *Salmonella* при изготовлении кормов применяется температура обработки более 80°C, но фактически требуемые время и температура обработки зависят от матрицы материала и используемых методов производства. Формальдегид или средства на основе органических кислот – наиболее распространенные противомикробные препараты, применяемые в кормовой промышленности для улучшения гигиены кормов. Обработка формальдегидом – высокоэффективный и сравнительно недорогой способ (Jones, 2011; Wales, Allen and Davies, 2010), однако по поводу его безопасности существуют сомнения. Европейская комиссия недавно приняла решение запретить использование формальдегида по той причине, что преимущества этого соединения не превышают потенциальные риски для здоровья, связанные с его возможным воздействием при использовании. Органические кислоты с противомикробными и консервирующими свойствами, например, муравьиная кислота, могут применяться в качестве альтернативы формальдегиду. По сравнению с остальными доступными органическими кислотами муравьиная кислота обладает относительно низким рКа и низкой молекулярной массой, и в исследованиях *in vitro*, а также на образцах сырья и кормов показала высокую эффективность в снижении количества *Salmonella* spp. и *Enterobacteriaceae* (FEEDAP и EFSA, 2015; FEFANA, 2014). Потенциальным недостатком органических кислот является их агрессивность; для ограничения этого свойства поставщики часто добавляют буферные вещества в смеси на основе кислот.

Недавно высказывались опасения в связи с возможной ролью кормов в передаче патогенных вирусов, например, эпизоотической диареи свиней (ЭДС) и вируса африканской чумы свиней (вирус АЧС). Вирус африканской чумы свиней вызывает особую тревогу, поскольку он угрожает как национальным свиноводческим отраслям (в плане перспектив участия в международной торговле), так и отдельным хозяйствам. Разрабатываются протоколы для борьбы с этой проблемой, в том числе касающиеся выбора поставщиков ингредиентов, производственного оборудования и контроля передвижения людей и транспорта внутри и вокруг объектов по производству кормов (Cochrane *et al.*, 2016).

Борьба с микотоксинами – еще один ключевой элемент безопасности кормов как гарантии безопасности пищевых продуктов животного происхождения и здоровья животных. Микотоксины могут оказывать пагубное воздействие на функцию мукозального барьера животных (Akbari *et al.*, 2017; Antonissen *et al.*, 2015; Basso, Gomes and Bracarense, 2013; Pierron, Alassane-Krembi and Oswald, 2016). Наиболее эффективный метод заключается в предотвращении заражения кормов путем регулярного отслеживания ингредиентов высокого риска с использованием систем контроля качества, а также строгого регулирования максимальных уровней содержания микотоксинов в кормах. Основными микотоксинами, вызывающими озабоченность с точки зрения здоровья животных, являются токсины грибов рода *Aspergillus* – афлатоксин В1 и охратоксин А, а также токсины грибов рода *Fusarium* – дезоксиниваленол, зеараленон, фумонизины В1 + В2 и токсины Т-2 и НТ-2 (Pinotti *et al.*, 2016; таблица 2). Микотоксины, вырабатываемые грибами рода *Aspergillus*, часто встречаются в регионах с жарким, влажным климатом, тогда как микотоксины грибов *Fusarium* могут встречаться во всех климатических поясах (Paterson and Lima, 2010). В определенные периоды года доля зараженных микотоксинами культур на рынке повышается, а производители могут предпочесть использовать зараженное сырье по экономическим причинам. Одним из способов уменьшения вредного воздействия микотоксинов является использование зараженных ингредиентов в кормах для видов и/или категорий животных из групп низкого риска (например, животные старшего возраста и неплеменные животные), и доля таких ингредиентов должна быть существенно ниже порога, при котором возможно вредное воздействие. Другой способ – применение средств, нейтрализующих микотоксины (Dänicke *et al.*, 2004; EFSA, 2009; Frobose *et al.*, 2017; Galvano *et al.*, 2001; Patience *et al.*, 2014). В целом профилактика микотоксикоза, вызванного заражением кормов, предпочтительнее лечения.

О воздействии на животных кормов, которые заражены несколькими микотоксинами, известно крайне мало. Система стандартов, приведенная в таблице 2, предполагает наличие в корме только одного микотоксина. Из-за естественного заражения зерновых в них может присутствовать более одного микотоксина, в таких случаях нарушения роста и здоровья животных могут возникнуть и при более низком содержании того или иного микотоксина (Grenier *et al.*, 2011). С учетом важности минимизации опасных факторов в кормах, крайне необходимы надлежащее обращение, транспортировка и хранение кормов. Потери возможны также в связи с проникновением грызунов и насекомых, продуктами жизнедеятельности птиц, диких животных и растений, а также рассыпанием (Alexander *et al.*, 2017; Yasothai, 2019).

ЧАСТОТА КОРМЛЕНИЯ

Внезапные изменения частоты кормления нежелательны во избежание нарушения «стабильного состояния» ЖКТ. Предпочтителен стабильно высокий уровень потребления корма, поскольку он будет стимулировать все пищеварительные процессы и соответствующие контрольные функции, что способствует укреплению здоровья ЖКТ. Желательно предоставить животному неограниченный доступ к корму. Животные, получающие неограниченное питание (*ad libitum*), сами регулируют режим кормления. Тем не менее, существует риск перекармливания после периода ограниченного доступа к корму до полного восстановления ЖКТ (Ball and Ahernet, 1987). В таких случаях нагрузку на ЖКТ можно

ТАБЛИЦА 2
Максимально допустимые уровни содержания микотоксинов в полнорационном корме для свиней, домашней птицы и жвачных

Микотоксин	Максимально допустимый уровень содержания в полнорационном корме*	Комментарии
Афлатоксин В1, мг/кг	молочный скот: 0,005 стартовые корма для телят, ягнят, поросят, домашней птицы: 0,01 корма для мясного скота, овец, коз, прочей домашней птицы, свиноматок, молодняка и откормочных свиней: 0,02	Во избежание заражения молока для молочного скота определены относительно низкие максимально допустимые уровни. Негативное воздействие на мукозальный барьер и функцию печени.
Дезоксиниваленол, мг/кг	свиньи: 0,9 телята и ягнята: 2 другие категории: 5	У свиней чувствительность сравнительно более высокая. Отказ от корма. Негативное воздействие на функцию мукозального барьера.
Зеараленон, мг/кг	поросята и подсвинки: 0,1 свиноматки и свиньи на откорме: 0,25 телята, молочный скот: 0,5 другие категории: рекомендации относительно максимально допустимого уровня отсутствуют	У свиней чувствительность относительно более высокая. Негативное воздействие на плодовитость.
Охратоксин, мг/кг	свиньи: 0,05 домашняя птица: 0,1 другие категории: рекомендации относительно максимально допустимого уровня отсутствуют	У свиней и домашней птицы чувствительность относительно более высокая. Негативное воздействие на белковый обмен и функцию почек.
Фумонизин В1+В2, мг/кг	свиньи: 5 домашняя птица, телята и ягнята: 20 взрослые жвачные (>4 месяцев): 50	У свиней чувствительность относительно более высокая. Негативное воздействие на функцию мукозального барьера и отек легких.

*Источник: European Commission, 2006; GMP+ International, 2018; Pinotti et al., 2016

облегчить посредством незначительного сокращения частоты кормления по сравнению с режимом *ad libitum* в течение нескольких дней. В то же время такой метод обладает рядом недостатков. Голодные животные могут испытывать стресс и проявлять агонистическое поведение. Риск переедания сохраняется и после полного восстановления доступа к корму. Кроме того, есть риск снижения продуктивности: уменьшение потребления корма уменьшает суточный привес. Альтернативой может стать регулирование повседневного кормового поведения и привычек с использованием светового режима. Более короткие периоды освещения могут незначительно уменьшить потребление корма в большей степени за счет саморегулирования, что ослабляет агонистическое поведение и снижает смертность, а также улучшает состояние здоровья животного. Такие методы, применяемые на протяжении короткого периода с целью укрепления здоровья, скорее всего, не окажут серьезного влияния на продуктивность.

ФОРМА И РАЗМЕР КОРМОВЫХ ЧАСТИЦ

Свиней и домашнюю птицу вместо гранул можно кормить мешанкой в режиме *ad libitum*; такой способ применяется, чтобы снизить частоту возникновения диареи или поноса. Корм в виде мешанки снижает скорость поглощения, уменьшает размер порций и увеличивает частоту кормления (Lv et al., 2015).

Таким образом, кормление мешанкой, как и ограничение количества корма, снижает нагрузку на ЖКТ. При этом явным недостатком мешанки является возможный рост числа случаев рассыпания корма, а также сокращение суточного привеса и/или эффективности усвоения корма у свиней и домашней птицы (Amerah *et al.*, 2007a; Laitat *et al.*, 2004; Vukmirović *et al.*, 2017). Дробление гранулированного корма – прием, позволяющий избежать рассыпания корма, характерного при кормлении мешанкой. Степень влияния формы корма, будь то мешанка, цельные или раздробленные гранулы, на проблему рассыпания в значительной степени зависит от конструкции и регулировки системы подачи корма.

Помимо формы корма, на здоровье и показатели продуктивности влияет распределение частиц в гранулированном корме или мешанке по размеру. Увеличение размера частиц снижает частоту возникновения повреждений и язв у свиней, а также стимулирует работу железистого и мышечного желудков у птиц (Amerah *et al.*, 2007b; Wondra *et al.*, 1995). Кормление свиней и птиц мешанкой или гранулами со злаками грубого помола снижает риск колонизации ЖКТ бактериями *Salmonella* (Hedemann *et al.*, 2005; Visscher *et al.*, 2009). При этом из-за более крупного размера частиц также может снизиться переваримость и эффективность усвоения корма (Wondra *et al.*, 1995).

БЕЛОК

Сокращение содержания белка в кормах для свиней и домашней птицы практически неизменно оказывает благотворное влияние на здоровье желудочно-кишечного тракта, например снижает частоту диареи у поросят (Neo *et al.*, 2008; Wellock *et al.*, 2006) и улучшает качество помета у цыплят-бройлеров (Collett, 2012; Ferguson *et al.*, 1998). Снижение содержания белка при сохранении необходимого количества жизненно важных аминокислот, требующихся для поддержания продуктивности, уменьшает количество белка, поступающего в заднюю кишку, таким образом сокращая риск избыточной ферментации белка протеолитическими бактериями (Gilbert *et al.*, 2018; Htoo *et al.*, 2007). Протеолитическая ферментация увеличивает выработку токсичных метаболитов в ЖКТ, например разветвленных жирных кислот, индолов, фенолов, аммиака и биогенных аминов (Bikker *et al.*, 2006; Nyachoti *et al.*, 2006). В результате повышенной выработки аммиака патогенные штаммы, например *Escherichia coli* и *Clostridium perfringens*, могут получить преимущество в «обогащенном» белком субстрате или щелочной среде (уровень pH >7) в дистальном отделе кишечника (Drew *et al.*, 2004; Neo *et al.*, 2009; Orareju *et al.*, 2009).

Снижение содержания белка для укрепления здоровья ЖКТ хорошо переносится свиньями и домашней птицей, но применительно к жвачным этот метод изучен в меньшей степени. Основное внимание при определении рациона молочных коров и мясного скота уделяется влиянию количества, состава и доступности белков в рубце, поскольку поступление белков в организм жвачных зависит от синтеза бактериального белка в рубце и белка, не разлагаемого в рубце и усваиваемого в тонком кишечнике. Потенциальное негативное воздействие ферментации белков в толстом кишечнике не изучалось.

Помимо объема поглощаемых белков, для здоровья желудочно-кишечного тракта имеют значение их источники. Для свиней и домашней птицы важными критериями являются общая илеальная и фекальная доступность, скорость переваривания и

абсорбции в проксимальной части тонкого кишечника (связанная с риском расстройства пищеварения при нарушении работы ЖКТ), возможное наличие антипитательных или аллергических факторов, а также стабильный уровень качества белков. Что касается усвояемости, некоторые белки животного происхождения, например, казеин и плазма крови, по-видимому, превосходят по показателям скорости переваривания и илеальной доступности большинство белков растительного происхождения (Makkink *et al.*, 1994). Чтобы исправить этот недостаток, по крайней мере отчасти, применяется высокотемпературная обработка, гидролиз или ферментация – так можно повысить усвояемость растительных белков и снизить содержание антипитательных и аллергических факторов. В целом для предотвращения желудочно-кишечных расстройств в рационах животных используются источники белка, обеспечивающие высокие показатели скорости переваривания белка и воспринимаемой илеальной доступности.

КРАХМАЛ И САХАРА

В количественном отношении перевариваемые углеводы в виде крахмала и перевариваемых сахаров – главный источник энергии в корме для свиней и домашних птиц. При рационе, основанном на зернах злаков и содержащем примерно 8 процентов нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), примерно 65 процентов чистой энергии вырабатывается из крахмала, тогда как при рационах с более высоким содержанием клетчатки и долей НДК от 15 процентов до 17 процентов крахмал обеспечивает от 55 процентов до 60 процентов общей чистой энергии. Для здоровья кишечника крахмал является относительно безопасным источником энергии. Как правило, илеальная и фекальная доступность крахмала у свиней и птиц превышает 90 процентов. Кроме того, в случае нарушения функции ЖКТ способность к перевариванию крахмала и поглощению сахаров страдает меньше, чем способность переваривать белок, жир и клетчатку. Следовательно, диетологи могут включить в рацион животных минимальное количество крахмала и ферментативно перевариваемых сахаров, уменьшив долю пищевых жиров и клетчатки.

При этом в первые недели жизни телята в меньшей степени способны к перевариванию крахмала по сравнению со свиньями и птицами. Переваримость крахмала у телят составляет примерно 80 процентов, в зависимости от его количества и видов, входящих в рацион (Hill *et al.*, 2016; Huber, Natrajan and Polan, 1968). Как следствие, высокое содержание крахмала в пище может быть фактором риска возникновения ферментативной диареи у телят. В заменителях цельного молока (ЗЦМ) для телят используется лактоза – высокоусвояемый источник углеводов, усвояемость которого достигает примерно 95 процентов. Помимо этого, рацион поросят, отнятых в возрасте менее трех недель, по-прежнему должен предусматривать поступление в организм больших количеств лактозы в течение первых одной – двух недель после отъема. Для поросят, отнятых в более позднем возрасте, эта мера в сочетании с подкормкой перед отъемом будет менее полезна (Molino *et al.*, 2011). У поросят быстро развивается способность к перевариванию крахмала, а активность лактазы после отъема снижается, особенно по мере сокращения количества лактозы в рационе. Тем не менее лактоза может обладать пребиотическими свойствами и способствовать росту популяции комменсальных

бактерий, например, *Lactobacillus* spp. (Pierce *et al.*, 2007). Для домашней птицы лактоза является неперевариваемым олигосахаридом из-за отсутствия эндогенной лактазы, поэтому в стартерный рацион цыплят-бройлеров ее включают только в отдельных случаях в связи с пребиотическими свойствами: общая доля в корме может достигать 3 процентов (Tellez *et al.*, 1993; Alloui and Szczurek, 2017; Gülşen *et al.*, 2002).

ЖИРЫ

Расстройства в работе ЖКТ существенно влияют на переваривание и абсорбцию жиров. Для переваривания жиров, содержащих жирные кислоты с более длинной цепью, необходимы их эмульгирование желчью, гидролиз под действием липазы, формирование смешанных мицелл, стабильность которых зависит от уровня pH, миграция к поверхности слизистой оболочки и поглощение созревшими энтероцитами в ворсинках (Bauer, Jakob and Mosenthin, 2005; Iqbal and Hussain, 2009). Этот процесс легко нарушается при недостаточном выделении желчи, нестабильном уровне pH, а также нарушениях абсорбирующей способности слизистой оболочки, вызванных, например, атрофией ворсинок (Price *et al.*, 2013). У цыплят и поросят кажущаяся усвояемость жиров в условиях инфекционной нагрузки по сравнению с усвояемостью крахмала меняется в большей степени (Smits *et al.*, 1997). Следовательно, в рамках программ питания, направленных на сокращение использования антибиотиков, для поросят и цыплят-бройлеров не рекомендуется устанавливать высококалорийные рационы с большим количеством жиров, поскольку в таких условиях животные подвергаются повышенному риску желудочно-кишечных расстройств. Масла и жиры на основе среднецепочечных жирных кислот (СЦЖК) и длинноцепочечных ненасыщенных жирных кислот обладают большей растворимостью в воде по сравнению с жирами на основе длинноцепочечных насыщенных жирных кислот; первые легче перевариваются и всасываются в условиях нагрузки на желудочно-кишечный тракт, например в период после отъема поросят (Cera, Mahan and Reinhart, 1989). Причиной более низкой переваримости высоконасыщенных жиров у молодых свиней также может быть недостаточная секреция солей желчи. Соли желчи способствуют повышению растворимости ненасыщенных жиров в тонком кишечнике, но у молодых свиней секреция желчных кислот низкая, и увеличивается она только с возрастом (Harada *et al.*, 1988). Представляется, что молодые свиньи также хуже переносят большие количества свободных жирных кислот, а значит их включения в рацион в период после отъема следует избегать (Kellner and Patience, 2017). К источникам СЦЖК и длинноцепочечных ненасыщенных жирных кислот относятся кокосовое и соевое масла соответственно.

КЛЕТЧАТКА

Пищевая клетчатка – это углеводные полимеры, состоящие из десяти или более мономерных звеньев и не гидролизуемые эндогенными ферментами тонкого кишечника человека. Физиологически ориентированная химическая классификация пищевой клетчатки предусматривает ее подразделение на нерастворимые полисахариды, растворимые полисахариды, неперевариваемые олигосахариды, лигнин и стойкий крахмал (Dhingra *et al.*, 2012; Choct, 2015; Jha and Berrocoso, 2015; таблица

3). Такая дифференциация видов клетчатки может обеспечить более точный прогноз реакции ЖКТ свиней и птиц на пищевую клетчатку, чем использование аналитических мер клетчатки, обычно применяемых при изучении питания животных, таких как НДК, кислотодетергентная клетчатка (КДК) и общее содержание клетчатки (ОСК).

Благодаря включению в рацион источников нерастворимой клетчатки, например шелухи и отрубей злаков, обладающих объемообразующими свойствами, происходит усиление перистальтики и моторики ЖКТ, а также стимуляция выработки желудочных, панкреатобилиарных и мукозальных секретов. Время пребывания содержимого в желудке для предварительного переваривания и подкисления увеличивается, улучшается его прохождение через тонкий и толстый кишечник. Чем больше размер частиц источника нерастворимой клетчатки, тем выше его влагоудерживающие и объемообразующие свойства (Eastwood *et al.*, 1983; Stephen and Cummings, 1979). Растягивающие, объемообразующие и секретостимулирующие свойства клетчатки могут эффективно использоваться в питании животных для поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта; они будут описаны более подробно далее, при обсуждении конкретных стратегий питания для каждой из категорий животных, которые рассматриваются в настоящей публикации. При этом воздействие нерастворимой клетчатки не всегда исключительно благотворно и может зависеть от других факторов питания. Например, при потреблении кукурузной сухой барды с растворимыми веществами – распространенного кормового ингредиента, богатого нерастворимой клетчаткой – увеличивается популяция по меньшей мере некоторых видов *Brachyspira* (Wilberts *et al.*, 2014).

Растворимая клетчатка, частности арабинозиланы и бета-глюканы, содержащиеся в пшенице, ячмене, тритикале и ржи, легко ферментируется и может повышать вязкость содержимого ЖКТ за счет своих гелеобразующих свойств. Есть сведения о некоторых преимуществах включения высоковязкой клетчатки в корм для поросят: например, она замедляет опорожнение желудка и улучшает переваримость белка (Fledderus, Bikker and Kluess, 2007). Тем не менее наличие в рационе значительной доли растворимых ферментируемых некрахмалистых полисахаридов (НПС) также ассоциируется с повышенным риском диареи у свиней (Hopwood *et al.*, 2004; McDonald *et al.*, 2001; Pluske *et al.*, 1998). При этом в литературе не содержится однозначного вывода по этому вопросу, поскольку в некоторых лабораториях было выявлено благотворное воздействие растворимой ферментируемой клетчатки при инфекциях, вызванных энтеротоксигенными штаммами *Escherichia coli* (Li *et al.*, 2018a).

У цыплят-бройлеров большое количество вязких полисахаридов в рационе может вызвать проблемы в связи с нежелательным повышением вязкости содержимого ЖКТ. В результате увеличивается время пребывания содержимого, замедляется скорость переваривания и абсорбции питательных веществ, и возможен нежелательный рост активности бактерий в тонком кишечнике (Langhout *et al.*, 2000; Smits *et al.*, 1997). Одним из последствий является избыточная деконъюгация желчных солей, ведущая к низкой усвояемости жиров (Maisonier *et al.*, 2003; Smits *et al.*, 1998). Возможно также негативное воздействие на функцию мукозального барьера, из-за которого снижается устойчивость к оппортунистическим патогенам, присутствующим в ЖКТ. Для решения этой проблемы в корм добавляют экзогенные ферменты, например,

ТАБЛИЦА 3

Простая химическая классификация пищевой клетчатки, ее физические свойства и общее физиологическое воздействие на время пребывания содержимого, эндогенную секрецию и ферментацию в ЖКТ у свиней и домашней птицы*

Класс химического (-их) соединения	Физические свойства	Время пребывания содержимого в ЖКТ			Воздействие на эндогенную секрецию	Степень ферментации
		Передняя кишка	Тонкая кишка	Задняя кишка		
Неперевариваемые олигосахариды (число мономерных звеньев: 3–9)	Растворяются в воде, низкая вязкость	=	=	=	Ограниченное	Полностью ферментируемые
Стойкий крахмал (СК)	Не растворяется в воде	=	↓ =	↓ =	↑	Ферментируемые
Растворимые некрахмалистые полисахариды (НПС)	Растворяются в воде, в зависимости от вида обладают вязкостью и высокой способностью к связыванию воды	↑	↑ (если вязкие) = (если невязкие)	~ (вариативность зафиксированного воздействия в зависимости от вида)	↑	Ферментируемые
Нерастворимые некрахмалистые полисахариды (классифицируются как нерастворимая клетчатка)	Не растворяются в воде, (в зависимости от вида клетчатки) обладают низкой или высокой способностью к связыванию воды	↑	↓	↓	↑	Частично ферментируемые или неферментируемые
Лигнин (классифицируется как нерастворимая клетчатка)	Лигнин встроен в матрицу из клетчатки. Водоудерживающая способность зависит от свойств матрицы.	↑	↓	↓	↑	Неферментируемые

↑ Рост; ↓ Снижение; = Нет явной тенденции к росту или снижению.

* Адаптировано из Montagne, Pluske and Hampson, 2003; Bindelle, Leterme and Buldgen, 2008; Brownlee, 2011; Dhingra *et al.*, 2012; Kalmendal, 2012; Lindberg, 2014; Choct, 2015; Jha and Berrococo, 2015.

арабиноксиланазу и/или бета-глюкканазу, разрушающие вязкие структуры клетчатки (Bedford, 2000). Последние тридцать лет этот подход к питанию бройлеров является общепринятым. Поросята в меньшей степени подвержены воздействию вязкой клетчатки в тонком кишечнике в связи с более низким содержанием сухого вещества в содержимом их ЖКТ. За счет этого снижается риск увеличения вязкости до уровня, при котором время пребывания содержимого может значительно возрасти.

Некоторые виды растворимой ферментируемой клетчатки, например инулин, полифруктоза, а также свекловичный жом с высокой долей пектиносодержащих веществ, обладают пребиотическими свойствами и стимулируют рост полезных бактериальных групп (Schiavon *et al.*, 2004; Verdonk *et al.*, 2005; Yan *et al.*, 2017). Кроме того, определенные неперевариваемые олигосахариды, в том числе фрукто-, маннан-, галакто- и арабиноксилан-олигосахариды, могут оказывать пребиотическое действие. Часть крахмала, которая не может быть переварена в тонком кишечнике, ферментируется в задней кишке; она получила название «стойкий крахмал». Скорость переваривания крахмала у животных зависит от размера гранул, характеристик матричной структуры, в которую он встроен, и его физико-химических свойств. В диетологии

человека стойкий крахмал классифицируется как пищевая клетчатка. Он способствует размножению бутирогенных бактерий в задней кишке и вызывает рост выработки масляной кислоты, что может оказать положительное влияние на здоровье кишечника (Bhandari, Nyachoti and Krause, 2009; Yang *et al.*, 2017). К ингредиентам с высоким содержанием стойкого крахмала, которые могут использоваться в питании животных в качестве пребиотической клетчатки, относятся нативный крахмал семян бобовых, картофеля и кукуруза восковидная. При этом нативный крахмал бобовых теряет стойкость к перевариванию после термической обработки (Sun *et al.*, 2006).

При разработке рациона следует следить за тем, чтобы обилие неперевариваемых олигосахаридов и ферментируемой клетчатки не вызвало избыточную ферментацию в задней кишке и нежелательные изменения в микробиоме слепой и ободочной кишок. Чрезмерное содержание таких веществ в корме может спровоцировать ферментативную или осмотическую диарею в связи с избыточным формированием КЦЖК и других низкомолекулярных соединений. В заключение следует отметить, что нерастворимая и объемообразующая клетчатка полезна для здоровья ЖКТ во многих отношениях, а определенные виды пребиотической клетчатки способны при относительно низкой доле в рационе модулировать микробиом и функцию мукозального барьера желаемым образом. В то же время растворимая и вязкая клетчатка сверх определенного количества может оказывать на здоровье ЖКТ пагубное воздействие, масштаб которого зависит от соотношения с нерастворимой объемообразующей клетчаткой и других факторов питания, например уровня илеально недоступного белка (Bikker *et al.*, 2006).

КАЛЬЦИЙ, ФОСФОР И НАТРИЙ

Минеральные вещества имеют важнейшее значение для многих функций организма, и в определенных сложных условиях или в периоды важнейших изменений обеспечение их наличия в рационе требует особого внимания. Тем не менее в отличие от других мер в области питания, о влиянии введения в рацион важных макроэлементов, например кальция, фосфора и натрия, сверх уровня пищевой потребности на здоровье ЖКТ имеется сравнительно мало сведений. У свиней и домашней птицы высокий уровень кальция, превышающий пищевую потребность, может быть нежелательным с точки зрения здоровья ЖКТ. Кальций вводится в рацион животного в различных формах, например в виде карбоната кальция (известь), фосфатов кальция или кальциевых солей органических кислот, таких как формиат или пропионат кальция. Источники кальция с высокой способностью к связыванию кислот, например известь, могут снижать кислотность содержимого ЖКТ и увеличивать количество соляной кислоты, необходимое для понижения pH содержимого желудка поросят или железистого и мышечного желудков бройлеров до требуемых значений. Это потенциальное негативное последствие высокой способности к связыванию кислот может быть в целом компенсировано путем снижения доли кальция в рационе и использования источников кальция с низкой буферной способностью, например кальциевых солей органических кислот (Lawlor *et al.*, 2005).

В растительных ингредиентах фосфор связан с фитатами, поэтому без добавления фитазы в рацион значительное количество фосфора оказывается недоступно для усвоения птицами и свиньями (Humer, Schwarz and Schedle, 2015). Фитаты выполняют

и другие антипитательные функции, связываясь с прочими минералами, например цинком и кальцием. Добавление в корм фитазы позволяет высвободить фосфор и связанные питательные вещества в пищеварительном тракте (Walk *et al.*, 2016). Изменение количества получаемого фосфора и кальция с помощью корректировки рациона и введение в него фитазы могут применяться для регулирования популяции микроорганизмов, влияющих на здоровье желудочно-кишечного тракта, в различных его отделах (Borda-Molina *et al.*, 2016).

При этом связь между содержанием усвояемого фосфора в рационе и здоровьем ЖКТ при поступлении фосфора в количествах, превышающих пищевую потребность, относительно малоизучена. Количество фосфора в пище может влиять на иммунный статус поросят-отъемышей. Известно, что увеличение доли фосфора в рационе усиливает клеточный, но ослабляет гуморальный иммунный ответ (Kegley, Spears and Auman, 2001).

Существует тесная связь между содержанием натрия в рационе, потреблением воды и временем пребывания содержимого в ЖКТ. Умеренный рост доли натрия сверх минимальной потребности увеличивает потребление воды у свиней, птиц и жвачных (Bannink, Valk and Van Vuuren, 1999; Schiavon and Emmans, 2000). Это может спровоцировать понос у бройлеров, но обычно не считается фактором риска возникновения диареи у поросят при незначительном превышении содержания натрия по сравнению с потребностями. Избыток натрия в рационе – всегда повод для беспокойства в связи с риском «солевого отравления», но представляется, что при постоянном доступе животных к питьевой воде такой риск незначителен. Влияние натрия в составе рациона и источников натрия на физиологические процессы и продуктивность сельскохозяйственных животных активно исследуется, но в настоящее время имеется сравнительно мало информации о его влиянии на здоровье желудочно-кишечного тракта.

МЕДЬ И ЦИНК

Пищевые потребности сельскохозяйственных животных в меди и цинке сравнительно низкие. В то же время известно, что медь приносит значительную пользу с точки зрения продуктивности и здоровья поросят в случае применения в дозах, превышающих пищевые потребности. Содержание меди в рационе поросят в количестве до 250 мг/кг существенно повышает усвояемость питательных веществ, потребление корма, суточный привес и эффективность усвоения корма, а также сокращает частоту диареи по сравнению с рационами, содержащими минимальное необходимое количество меди (Dębski, 2016; Dove, 1995; Jacela *et al.*, 2010; Shelton *et al.*, 2011). Воздействие изменений содержания меди может объясняться изменением желудочно-кишечного микробиома. В частности, в их результате возможно снижение активности бактерий, а также формирование более благоприятного состава микробиоты, повышение ее стабильности, что уменьшает риск колонизации оппортунистическими патогенами (Højberg *et al.*, 2005; Shurson *et al.*, 1990). Помимо этого, новые данные свидетельствуют о возможном влиянии на регуляцию гормонов ЖКТ, например соматостатина, что может быть напрямую связано с выделением гормонов роста и насыщения (Yang *et al.*, 2011). Наиболее важные улучшения, наступающие в результате включения значительного количества меди в рацион, происходят в период непосредственно после отъема, но могут наблюдаться и на более поздних этапах доращивания. Положительное воздействие меди, получаемой

сверх уровня пищевой потребности, на продуктивность также отмечается у цыплят-бройлеров (Jegade *et al.*, 2011; Samanta, Biswas and Ghosh, 2011).

Во многих странах мира по-прежнему распространена практика добавления в корм поросят окиси цинка сверх минимального необходимого уровня в количестве до 3 г/кг для борьбы с диареей после отъема. Ее эффективность достигает максимума в первые две недели после отъема, далее эффект снижается. Окись цинка существенно уменьшает активность микроорганизмов в ЖКТ, а также вызывает изменения состава микробиоты (Pieper *et al.*, 2012; Starke *et al.*, 2014; Vahjen, Pieper and Zentek, 2010). Кроме того, окись цинка может снижать проницаемость ЖКТ и уменьшать воспаление (Bergeron, Robert and Guay, 2014; Sargeant *et al.*, 2010). По указанным причинам продолжительный прием окиси цинка в больших количествах в первые недели после отъема не рекомендуется. Согласно действующим рекомендациям, поросята должны получать максимальное количество окиси цинка только в первую неделю после отъема, в течение следующих двух или трех недель его следует постепенно сокращать. Доказано, что высокая доля окиси цинка в кормах для цыплят-бройлеров оказывает токсичное действие (Dewar *et al.*, 1983), поэтому в питании и в целях охраны здоровья бройлеров окись цинка не применяется.

Включение в рацион животных значительного количества меди и цинка сверх пищевых потребностей вызывает беспокойство в связи с возможным воздействием на окружающую среду (EFSA, 2010), а также, как было установлено позднее, в силу возможной связи с развитием устойчивости к противомикробным препаратам (Baker-Austin *et al.*, 2006; Wales and Davies, 2015). Медь и цинк в больших количествах могут участвовать в селекции бактерий, устойчивых к антибиотикам. В силу упомянутой обеспокоенности на территории Европейского союза недавно были снижены разрешенные уровни содержания цинка и меди в кормах для свиней и домашней птицы, а скармливание значительного количества окиси цинка пороссятам в профилактических и терапевтических целях планируется запретить.

ВИТАМИНЫ

Существует широкий спектр витаминов, которые могли бы быть предметом рассмотрения в настоящей работе в связи с их потенциальным влиянием на здоровье желудочно-кишечного тракта. В то же время нарушения в работе систем пищеварения и абсорбции в целом могут приводить к временному авитаминозу и воздействовать на здоровье ЖКТ. Например, возможно нарушение абсорбции жирорастворимых витаминов у порослят-отъемышей, поскольку в период непосредственно после отъема усвояемость и степень всасывания жиров изменяется. При этом на практике свиньи, домашняя птица и жвачные получают витамины в количествах, существенно превышающих минимальную потребность, и, вероятно, этих количеств было бы достаточно даже в условиях значительных нагрузок. Имеется мало сведений о пользе витаминов сверх пищевой потребности для здоровья ЖКТ.

КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ

Существует большое разнообразие кормовых добавок, предназначенных для укрепления здоровья пищеварительной системы животных. Эффективность и стабильность действия многих кормовых добавок могут варьироваться в зависимости от следующих факторов: состав корма, состояние здоровья животного, система управления фермерским хозяйством, а также физическая и социальная среда. Выбор оптимального решения зачастую представляет собой непростую задачу для фермеров, производителей кормов и интеграторов. Предпочтение тем или иным кормовым добавкам часто отдается исходя из предполагаемой эффективности, методов работы, доверия к поставщику, соотношения затрат и ожидаемой выгоды, а также собственного опыта. В таблице 4 представлен обзор наиболее распространенных кормовых добавок, используемых для укрепления здоровья ЖКТ у свиней и домашней птицы.

Кормовые добавки могут применяться для поддержания иммунитета в целом, для борьбы с патогенами, стабилизации микробиоты и усиления функции мукозального барьера. При этом имеющийся арсенал кормовых добавок позволяет принимать меры и в отношении конкретных патогенов. Так, в целях снижения риска колонизации бактериями *Salmonella* и их распространения среди бройлеров могут использоваться комбинированные кормовые добавки (van Immerseel *et al.*, 2006). Противомикробное действие органических кислот, в частности, муравьиной, пропионовой или бензойной, может быть усилено за счет СЦЖК или фитогенных добавок. Установлено, что *in vitro* масляная кислота и СЦЖК ингибируют экспрессию важных генов вирулентности бактерий *Salmonella* (Gantois *et al.*, 2006). Масляная кислота способствует выработке слизи, увеличивает скорость обновления клеток эпителия, стимулирует секрецию антимикробных пептидов, обладает противовоспалительными свойствами и может препятствовать заселению патогенами основных путей бактериальной колонизации. Сахара и олигосахариды на основе маннозы способны блокировать адгезию бактерий, предотвращая прикрепление *Salmonella* к слизистой оболочке, и стимулировать выработку IgA посредством модуляции активности макрофагов (Agunos *et al.*, 2007). Кроме того, с целью конкурентного исключения *Salmonella* возможно непосредственное скармливание противомикробных препаратов только что вылупившимся птенцам.

Неантибиотические кормовые добавки с высокой долей вероятности будут эффективны в более конкретных ситуациях, тогда как антибиотики улучшают продуктивность и состояние здоровья практически в любых случаях. Следовательно, существует настоятельная необходимость изучения действия этих препаратов для оптимизации выгод от их использования.

ТАБЛИЦА 4
Обзор распространенных кормовых добавок, используемых для укрепления здоровья ЖКТ у свиней и домашней птицы

Продукция	Результаты <i>in vivo</i>
Различные короткоцепочечные и среднецепочечные жирные кислоты КЦЖК (<6 атомов углерода), СЦЖК (от 6 до 12 атомов углерода), органические кислоты (ОК) и неорганические кислоты	Органические кислоты используются для консервирования, но также участвуют в жизнедеятельности микроорганизмов в ЖКТ, влияют на их активность и разнообразие (Canibe <i>et al.</i> , 2001; Dibner and Buttin, 2002; FEFANA, 2014; Khan and Iqbal, 2016; Kim <i>et al.</i> , 2005; Mroz, 2005; Partanen and Mroz, 1999; Ricke, 2003; Suryanarayana, Suresh and Rajasekhar, 2012). В питании животных могут применяться многие органические кислоты, включая муравьиную, уксусную, пропионовую, лимонную, фумаровую, бензойную, молочную и сорбиновую кислоты в различных формах. Основной используемой в животноводстве неорганической кислотой является ортофосфорная кислота. Воздействие кислот в виде понижения pH содержимого ЖКТ в первые часы после его поглощения поддерживает барьерную функцию передней кишки и способствует предотвращению колонизации ЖКТ патогенами (Hansen <i>et al.</i> , 2007). Бактериостатическое действие кислот в весовом выражении зависит от их значения рКа, растворимости, молекулярной массы и pH среды. Противомикробное действие достигается за счет снижения pH содержимого ЖКТ посредством абсорбции ассоциированных кислот бактериями, что нарушает их метаболизм и препятствует их размножению. Смешивание кислот с разными физико-химическими свойствами (размер молекул и молекулярная масса, значение рКа, растворимость в воде) может обеспечить дополнительный или синергетический эффект (Zentek <i>et al.</i> , 2013). При поступлении в тонкий кишечник органические кислоты нейтрализуются бикарбонатом натрия в панкреатическом соке, и большинство кислот переходит в диссоциированную форму. СЦЖК также обладают бактериостатическими свойствами и модулируют микробиом при относительно нейтральных значениях pH – от 6 до 7 (van der Hoeven-Hangoor <i>et al.</i> , 2013; Skrivanova <i>et al.</i> , 2006), соответствующих уровню pH в проксимальном отделе тонкого кишечника. В проксимальной части тонкой кишки свободные СЦЖК легко всасываются (Zentek <i>et al.</i> , 2011).
Бутират (СЦЖК с определенными полезными свойствами)	Бутират отличается высокой биоактивностью в ЖКТ. Он увеличивает образование энтероцитов, стимулирует секрецию слизи и может проявлять противовоспалительные свойства (Bedford and Gong, 2018; Canani <i>et al.</i> , 2011; Hamer <i>et al.</i> , 2008). Такое воздействие бутирата свидетельствует о том, что он поддерживает функцию мукозального барьера. Бутират получает все более широкое распространение в качестве ингредиента, добавляемого в рацион для укрепления здоровья ЖКТ.
Растительные экстракты, фитохимические соединения	Некоторые растительные вещества и идентичные натуральным вкусовые добавки обладают противомикробными свойствами или способны модулировать микробиом (Bozkurt <i>et al.</i> , 2013; Burt, 2004; Krishan and Narang, 2014; Rochfort, Parker and Dunshea, 2008; Upadhyay <i>et al.</i> , 2014). Фитогенные вещества могут также влиять на работу иммунной системы (Brenes and Roura, 2010). Доказано, что скормливание некоторых из упомянутых соединений в сравнительно небольших дозах (<100 мг/кг) приводит к значительным изменениям мукозального иммунитета (Gallois <i>et al.</i> , 2009; Liu, Ipharraguerre and Pettigrew, 2013). Фитогенные вещества способны стимулировать широкий спектр нейроэндокринных и иммуномодулирующих рецепторов (Aggarwal <i>et al.</i> , 2009; Furness <i>et al.</i> , 2013; Liu, Ipharraguerre and Pettigrew, 2013). К фитохимическим веществам, применяемым в питании животных, относятся необработанные экстракты орегано, розмарина, тимьяна обыкновенного и чеснока, а также полученные из них соединения более высокой степени очистки, например карвакол, тимол, циннамальдегид, капсаицин и аллицин (Windisch <i>et al.</i> , 2008).
Непосредственно скормливаемые микробные препараты (пробиотики)	В целом пробиотики способны модулировать состав кишечной микробиоты и функционирование иммунной системы (Chaucheyras-Durand and Durand, 2010; FAO, 2016; Vondruskova <i>et al.</i> , 2010). В корма для свиней и домашней птицы чаще всего добавляют пробиотики на основе <i>Vacillus spp.</i> по причине термостойкости их спор в процессе гранулирования (Ezema, 2013; Kenny <i>et al.</i> , 2011; Liao and Nyachoti, 2017). Другой тип пробиотиков – живые дрожжи вида <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Дрожжи в основном используются в питании молочного и мясного скота для повышения эффективности функции рубца и предотвращения ацидоза рубца (Robinson and Erasmus, 2009), но они также могут добавляться в корм для свиноматок и поросят (Jang <i>et al.</i> , 2013; Jiang <i>et al.</i> , 2015; Jurgens, Rikabi and Zimmerman, 1997; Shurson, 2018). Другие бактерии, например некоторые виды <i>Lactobacilli</i> и <i>Enterococci</i> могут применяться при кормлении птенцов в первые дни жизни и новорожденных детёнышей животных; возможно использование моно- и мультиштаммовой закваски для стимуляции развития микробиоты в нужном направлении (Liao and Nyachoti, 2017). Благодаря включению пробиотиков в рацион свиноматок можно модулировать микробиом новорожденных поросят (Starke <i>et al.</i> , 2013).

(Продолжение на следующей странице)

Продукция	Результаты <i>in vivo</i>
Ферменты	<p>Экзогенные ферменты могут использоваться для разложения клетчатки с антипитательными свойствами, и потенциально для выработки пребиотических сахаров и НПО (Bedford and Schulze, 1998; Kiarie, Romero and Nyachoti, 2013). Например, ксиланаза и бета-глюканаза вводятся в рацион цыплят-бройлеров для снижения вязкости, обусловленной наличием арабиноксиланов и бета-1,3/1,4-глюканов в пшенице, ячмене, тритикале и ржи соответственно. Под действием ксиланазы и бета-глюканазы также может происходить высвобождение олигосахаридов и сахаров, некоторые из которых, например олигосахариды арабиноксилана, могут иметь пребиотические свойства (De Maesschalck <i>et al.</i>, 2015; Niewold <i>et al.</i>, 2012). Помимо расщепляющих клетчатку ферментов, в качестве кормовых добавок могут применяться также амилаза и протеаза, усиливающие действие эндогенных ферментов. В определенных неблагоприятных условиях способность ферментов к перевариванию крахмала и белка может снижаться, например в первые дни после отъема поросят. Доказано, что некоторые ферментные смеси улучшают барьерную функцию ЖКТ (Li <i>et al.</i>, 2018b).</p>
Прочие	<p>Выше описаны функциональные ингредиенты, которые наиболее подробно охарактеризованы в литературе и применяются на практике чаще других. К прочим средствам относятся, к примеру, антимикробные пептиды, антитела яичного желтка гипериммунизированных кур, лизоцим, редкоземельные элементы и глинистые минералы (Thacker, 2013). Глинистые минералы могут использоваться для удаления токсинов за счет их связывающих свойств; они часто применяются для уменьшения потенциального вредного воздействия микотоксинов (Ramos, Fink-Gremmels and Hernandez, 1996; Slamova <i>et al.</i>, 2011).</p>

Стратегии кормления и пищевой рацион свиней

СВИНОМАТКИ И ПОРОСЯТА В ПОДСОСНЫЙ ПЕРИОД

Состояние здоровья матери оказывает существенное влияние на развитие устойчивости к болезням и внешним воздействиям у потомства (Funkhouser and Bordenstein, 2013). В первые недели жизни устойчивость к болезням у поросят в значительной мере зависит от пассивного иммунитета, полученного из материнского молозива и молока. Помимо этого, передача микробиоты от свиноматки к потомству играет важную роль в развитии иммунной компетенции и позднее – в продуктивности животных (McCormack *et al.*, 2018). Первоначальная микрофлора поросят формируется в основном под влиянием маточной и вагинальной микробиоты свиноматки. Новые исследования показали, что получение сбалансированной и разнообразной микробиоты от матери способствует правильному развитию иммунной системы поросенка. Любое нарушение микробиоты в период новорожденности может оказать негативное воздействие на здоровье поросят после отъема. У поросят свиноматок, которые получали антибиотики во время или до опороса, формировалась менее разнообразная микробиота, отличающаяся по составу от микробиоты потомства свиноматок, не проходивших антибиотикотерапию. В течение дальнейшей жизни у таких поросят ответ на иммунологическую нагрузку принимал форму более острой воспалительной реакции (Arnal *et al.*, 2014; Benis *et al.*, 2015; Schokker *et al.*, 2014), и их иммунная компетенция, по-видимому, была развита в меньшей степени. Подходы, основанные на стимуляции потребления молозива и молока, а также по возможности на исключении антибиотикотерапии свиноматок, являются обязательным условием благополучного начала жизни поросят.

Состояние поросят при рождении оказывает глубокое влияние на их развитие в неонатальный период, в том числе на потребление молозива. Новые данные демонстрируют, каким образом процесс родов может приводить к развитию асфиксии у поросят, а также к снижению их выживаемости и продуктивности в период дорацивания (Langendijk *et al.*, 2018). Контроль состояния свиноматки во время беременности – первый шаг к оптимизации процесса родов, поскольку как у ослабленных (Vanderhaeghe *et al.*, 2010), так и у чрезмерно упитанных свиноматок (Oliviero, 2010) риск мертворождения повышается. Согласно новым сведениям, свиноматки могут испытывать дефицит энергии во время родов, поэтому обеспечив потребление корма незадолго до опороса, можно уменьшить как долю мертворожденных поросят, так и интервал между рождениями (Feysa *et al.*, 2018).

К важным способам поддержания процесса родов у свиноматок также относятся включение в рацион пищевой клетчатки и регулирование частоты кормления. Во время опороса энергия направляется прежде всего к мышцам, а приток крови к ЖКТ сокращается. В результате могут возникнуть недостаточность или нарушение моторики

ЖКТ, запор, ведущее к дисбиозу повышение проницаемости ЖКТ, воспаление, а также формируются условия для распространения оппортунистических патогенов. Наконец, возможно возникновение синдрома послеродовой дисгалактии (СПД); в этом случае свиноматкам обычно требуется антибиотикотерапия для содействия их восстановлению (Maes *et al.*, 2010; Martineau *et al.*, 2013). Нарушение функции желудочно-кишечного тракта в предродовой и послеродовой периоды может быть до определенной степени нивелировано включением в рацион достаточно большой доли клетчатки (Oliviero *et al.*, 2009). Высокое содержание клетчатки в пище, потребляемой перед опоросом, не только облегчает запор, но и увеличивает поглощение корма для лактирующих свиноматок после опороса (Quesnel *et al.*, 2009), а также может увеличить потребление молозива, особенно у поросят с низким весом при рождении (Loisel *et al.*, 2013). Тем не менее на практике перед опоросом фермеры заменяют свиньям рацион периода беременности с высоким содержанием клетчатки на корм с низкой долей клетчатки, предназначенный для периода лактации; такой подход позволяет обеспечить более высокое потребление энергии, что, в свою очередь, ведет к увеличению выработки молока и сокращению потери веса. Для профилактики запора и поддержания достаточной энтеральной стимуляции в ЖКТ смену рациона следует отложить до рождения поросят. Достаточное потребление клетчатки также может быть обеспечено путем увеличения количества скармливаемой пищи до опороса – оно должно составлять более 3 килограммов. Доказано, что эта стратегия оказывает положительное влияние на потребление корма в период лактации и на выработку молозива (Decaluwé *et al.*, 2014).

Непосредственно после рождения наступает период, когда иммунная система поросят может быть «обучена» перед стрессовым событием – отъемом, и в это время открывается возможность обеспечить здоровье ЖКТ на более поздние периоды жизни (Saeed *et al.*, 2014). Желательно, чтобы поросята могли быстро адаптироваться к новым условиям после отъема. В первые три или четыре недели после рождения происходят важные с точки зрения развития процессы. Иммунная система новорожденного поросенка, к примеру, развивается в несколько четко различаемых этапов (Stokes, 2017; Stokes *et al.*, 2004). Скармливание поросятам предотъемного корма – заменителя молока или твердой пищи – способствует развитию ЖКТ (de Greeff *et al.*, 2016). Включение в подкормку таких же ингредиентов, как в рационе поросят-отъемышей, поможет им привыкнуть к этим ингредиентам. Кроме того, возможно добавление функциональных ингредиентов для поддержания дальнейшего развития ЖКТ; к ним относятся пребиотическая клетчатка, неперевариваемые олигосахариды и иммуностимулирующие препараты, способствующие развитию полезной микробиоты и иммунной компетенции.

ПОРОСЯТА-ОТЪЕМЫШИ

Процесс отъема, связанный с ним стресс и резкое снижение потребления пищи существенно нарушают функцию мукозального барьера, как ранее было описано в разделе о дисбиозе. В результате поросята могут быть в большей степени подвержены расстройствам пищеварительной системы и уязвимы перед оппортунистическими патогенами, среди которых наиболее распространенными являются ротавирус и патогенные штаммы *Escherichia coli*. Кроме того, отъем – основной период, в течение которого

антибиотики – стимуляторы роста обеспечивают прирост массы тела и улучшение показателей здоровья. Вот почему антибиотики в субтерапевтических дозах обычно применяются именно в это время (Sneeringer *et al.*, 2015).

Известно, что сокращение доли сырого белка в рационе и его замена на более легкоусвояемые источники белка и синтетические аминокислоты уменьшает распространенность диареи у поросят (Heo *et al.*, 2009; Nyachoti *et al.*, 2006; Opapeju *et al.*, 2009; Wellock *et al.*, 2006). Помимо этого, новые исследования показали, что изменение содержания аминокислот в рационе улучшает продуктивность и здоровье свиней, зараженных *Escherichia coli* (Carozzalo *et al.*, 2017). Во время болезни поросятам может потребоваться более высокая доля незаменимых аминокислот – метионина, треонина и триптофана – относительно лизина. Кроме того, некоторые заменимые аминокислоты, например глютамин и глицин, могут ускорить выздоровление и сократить потери продуктивности, но достоверность этого утверждения оспаривается в связи с противоречивыми результатами экспериментов.

Придание большей структурированности проглоченной пище за счет введения в рацион объемообразующей клетчатки или более крупных кормовых частиц может стимулировать секрецию в пищеварительной системе и уменьшить время пребывания содержимого в тонком и толстом кишечнике (Bindelle, Leterme and Buldgen, 2008; Jha and Berrocoso, 2015). Скармливание поросятам источников нерастворимой клетчатки, например ячменной шелухи или пшеничных отрубей, снижает экскрецию гемолитической *Escherichia coli* и частоту диареи после отъема (Flis, Sobotka and Antoszkiewicz, 2017; Molist *et al.*, 2010; Montagne, Pluske and Hampson, 2003). Чем грубее клетчатка, тем выше ее объемообразующие свойства и больше потенциал снижения этого вида риска (Molist *et al.*, 2012). Изменение структуры корма за счет ингредиентов грубого помола и/или добавления клетчатки также уменьшает риск язвы желудка у свиней (Dirkzwager *et al.*, 1998). В результате структура содержимого желудка становится более плотной и вязкой, что снижает риск попадания кислого содержимого в верхнюю часть желудка – относительно незащищенную белую зону в области перехода пищевода в желудок. Растворимая вязкая пищевая клетчатка способна увеличивать время пребывания питательной массы в желудке и тонком кишечнике. Это способствует подкислению содержимого желудка и предварительному перевариванию белка (Fledderus, Bikker and Kluess, 2007). В то же время высокий уровень потребления растворимых ферментируемых НПС у свиней связан с повышенным риском желудочно-кишечных инфекций (Norwood *et al.*, 2004; Pluske *et al.*, 1998). Более современные исследования показали, что свекловичная пульпа как источник ферментируемой растворимой клетчатки с высокой водосвязывающей способностью может обеспечить защиту от *Escherichia coli* (Li *et al.*, 2018a). Изменение рациона посредством включения в него дополнительного количества клетчатки благотворно влияет на здоровье ЖКТ, но также может быть связано со снижением скорости и эффективности привеса. При этом на практике необходимо находить баланс между этими двумя конкурирующими целями.

Неперевариваемые олигосахариды (НПО) могут применяться для стабилизации микробиома ЖКТ и усиления функции мукозального барьера. Такие неперевариваемые олигосахариды, как фруктозоолигосахариды (ФОС) и инулин обладают пребиотическими свойствами и стимулируют рост популяции *Bifidobacterium* spp. и других групп

полезных бактерий (Samanta *et al.*, 2013). Другие НПО могут оказывать противоадгезивное действие, предотвращая прикрепление патогенов к слизистой оболочке, или стимулировать мукозальный иммунитет. Сахара и олигосахариды на основе маннозы могут прикрепляться к фимбриям первого типа и блокировать адгезию некоторых патогенных грамотрицательных бактерий к слизистой оболочке (Krachler and Orth, 2013; Oyoko *et al.*, 1989). Кроме того, они способны активировать или примировать важные иммунные клетки, такие как макрофаги и толл-подобные рецепторы (Ibuki *et al.*, 2011). При этом чрезмерное потребление ферментируемых НПО, например вербаскозы, стахиозы и рафинозы (основные НПО, содержащиеся в соевой муке), может привести к избыточной ферментации в слепой кишке свиней и вызвать ферментативную осмотическую диарею (Liyang *et al.*, 2003). Тем не менее в целом различные физикохимические свойства клетчатки могут быть использованы при разработке рациона для снижения частоты и тяжести симптомов диареи у поросят. Именно количество и разновидность клетчатки, а также соотношение различных видов клетчатки наряду с состоянием поросенка будут определять успех такого подхода.

Одним из специальных функциональных ингредиентов, влияющих на здоровье ЖКТ, является сухая плазма крови (СПК). Доказано, что СПК увеличивает потребление корма и снижает частоту диареи у поросят-отъемышей (Bosi *et al.*, 2004; van Dijk *et al.*, 2001; Ferreira *et al.*, 2009; Torrallardona, 2010). Плазма крови содержит широкий спектр биоактивных соединений, но имеются данные о том, что основными компонентами, производящими описанные эффекты, являются альбумин, иммуноглобулины, гликопротеины и биологически активные пептиды (Pérez-Bosque, Polo and Torrallardona, 2016). Иммуноглобулины и гликопротеины потенциально способны связываться с рецепторами патогенных бактерий и препятствовать адгезии последних к слизистой оболочке. Помимо этого, СПК улучшает барьерную функцию ЖКТ, уменьшает его проницаемость и снижает воспалительную реакцию у поросят-отъемышей. Яичный порошок, полученный из яиц гипериммунизированных кур, может стать альтернативным источником иммуноглобулинов; в нем также содержится лизоцим – пептид с противомикробными свойствами (Oliver and Wells, 2015). Яичный порошок оказывает положительное влияние на продуктивность и здоровье поросят (Thacker, 2013), но результаты его применения менее однозначные по сравнению с СПК (Torrallardona and Polo, 2016; Zhang *et al.*, 2015). По экономическим причинам яичный порошок и СПК обычно используются только на первом этапе после отъема поросят, а также в течение нескольких дней в качестве элемента особого стартерного рациона бройлеров. Продолжительность периода применения этих добавок зависит от возраста отъема и веса поросят. Например, 5-10 процентов поросят с наименьшим весом из всей группы отъемышей СПК и яичный порошок можно скармливать в большем количестве или в течение более длительного времени.

Для укрепления здоровья животных могут применяться различные кормовые добавки. Добавки с противомикробным действием, в частности, органические кислоты, а также медь и окись цинка в количествах, превышающих пищевую потребность, неизменно демонстрируют положительное воздействие на здоровье поросят (Schweer *et al.*, 2017). Подкисление воды и/или корма способствует регулированию микробной активности в системе подачи питьевой воды и корма, а также снижению уровня pH

содержимого желудка. Эффективность органических и неорганических кислот может быть повышена посредством добавления СЦЖК или других натуральных противомикробных соединений, например фитохимических веществ, которые обладают противомикробным действием широкого спектра в пределах нейтральных значений pH (Zentek *et al.*, 2013). Кальциевые соли органических кислот часто включают в рацион при отъеме, чтобы ограничить содержание извести в корме, снизить ее способность к связыванию кислот и риск недостаточного подкисления содержимого желудка (FEFANA, 2014; Lawlor *et al.*, 2005). В кормах для поросят-отъемышей содержание кальция и соотношение кальция и фосфора могут быть относительно низкими без ущерба для минерального статуса животных (Jiang *et al.*, 2013). В то же время важно поддерживать минимальный уровень усвояемого фосфора.

Включение в рацион меди, сульфатов и цинка в количествах, превышающих пищевую потребность, – действенный способ снижения частоты диареи в первые две недели после отъема. Высокая доля меди в пище снижает микробную активность в ЖКТ и модулирует состав кишечного микробиома. Помимо этого, важно отметить, что некоторые пробиотики могут иметь противомикробные свойства. Различные штаммы *Bacillus* вырабатывают бактериоцины, обладающие выраженным противомикробным действием в отношении основных патогенов как *in vitro*, так и *in vivo*. Все перечисленные «противомикробные» меры направлены на стабилизацию и контроль кишечного микробиома поросят с целью снижения риска колонизации ЖКТ патогенами и их передачи другим животным.

Вторая задача применения кормовых добавок – усиление функции мукозального барьера. Выраженным действием этой направленности обладают бутираты: они стимулируют выделение слизи, размножение эпителиальных клеток и модуляцию иммунной системы, связанной с ЖКТ (Bedford and Gong, 2018). Добавление в корм бутиратов способно существенно снизить проницаемость ЖКТ у поросят (Huang *et al.*, 2015). Ферментные смеси также улучшают барьерную функцию у отъемышей (Li *et al.*, 2018b). Различные фитохимические соединения оказывают иммуностимулирующее и противовоспалительное действие на организм поросят (Huang and Lee, 2018). Этот противовоспалительный эффект может быть связан с антиоксидантными свойствами (Qin and Hou, 2017). Механизм действия пробиотиков также обуславливает их способность влиять на функцию мукозального барьера и иммунитет (Liao and Nyachoti, 2017). Поросятам-отъемышам настоятельно рекомендуется давать комплекс кормовых добавок, предназначенный для стабилизации микробиоты, борьбы с патогенами в целом и усиления функции мукозального барьера.

СВИНЬИ НА ОТКОРМЕ

Перевод поросят с участка дорастивания на участок откорма – еще один период, когда животные подвергаются стрессу, хотя и в значительно меньшей степени. Следовательно, при рассмотрении способов сокращения использования антибиотиков на данный период также следует обратить особое внимание. По этой причине некоторые свиноводы применяют производственные системы, состоящие из двух участков (помещение для свиноматок и помещение для дорастивания и откорма) вместо трех (помещение для свиноматок, участок дорастивания и участок откорма). Рационы, получаемые

свиньями непосредственно после перевода на участок откорма, обычно содержат ряд дополнительных защитных ингредиентов, аналогичных описанным в разделе, посвященном поросятам, но затраты при этом снижаются. На первом этапе питания поросят после перемещения стандартными и относительно малозатратными мерами являются снижение содержания белка в рационе, увеличение доли клетчатки, контроль количества ферментируемых углеводов и поддержание высокой доли меди, возможно также добавление органических кислот (Partanen and Mroz, 1999). Фермеры применяют этот подход и на поздних этапах доращивания для минимизации двойного стресса от смены помещения и состава корма.

Стратегии кормления и пищевой рацион домашней птицы

РОДИТЕЛЬСКОЕ СТАДО БРОЙЛЕРОВ

Питание родительского стада бройлеров может оказать влияние на продуктивность и здоровье потомства. Питание родительского стада следует оптимизировать для поддержания раннего иммунитета суточных птенцов и их высокой жизнеспособности (Hocking, 2007). К возможным мерам в области питания, направленным на достижение этой цели, относится обеспечение необходимого количества питательных веществ в рационе. Использование в питании родительского стада таких функциональных ингредиентов, как n-3 полиненасыщенные жирные кислоты, витамины в количествах, превышающих пищевую потребность, и органические микроэлементы, может дополнительно поддержать иммунную компетенцию бройлеров (Chang, Halley and Silva, 2016; Kidd, 2003). Кроме того, питание родителей может влиять на качество спермы и, как следствие, на жизнеспособность потомства (Chang, Halley and Silva, 2016). При этом о воздействии питания самок и самцов на развитие кишечного микробиома и функцию мукозального барьера у цыплят известно относительно мало.

ЦЫПЛЯТА-БРОЙЛЕРЫ

Первые три-четыре недели – ключевой период в жизни цыплят, в течение которого они подвержены риску желудочно-кишечных расстройств и инфекций. При вылуплении цыплята попадают в неблагоприятную среду, где их жизнеспособность, качество пассивного иммунитета, полученного из желточного мешка, первоначальный уровень развития микробиома и немедленный доступ к корму и воде являются главными факторами правильного развития собственного иммунитета (Yegani and Korver, 2008). В субоптимальных условиях упомянутая выше проблема дисбиоза может возникнуть уже в первые дни жизни; в этом возрасте существует потенциально высокий риск инфекций, вызванных *Escherichia coli* (Dziva and Stevens, 2008). Современные методы выведения в инкубатории нарушают естественную передачу микробиома от матери (самки из родительского стада бройлеров) к потомству (бройлерам), а стихийное воздействие микробиоты среды в инкубатории приводит к отсутствию контроля над первоначальным составом микробиома (Stanley *et al.*, 2013b). В течение следующих недель в качестве основных причин кишечных инфекционных заболеваний выступают кокцидиоз и инфекции, спровоцированные *Clostridium perfringens* (M'Sadeq *et al.*, 2015). Эти желудочно-кишечные расстройства могут вызывать понос, что ведет к дополнительным проблемам со здоровьем, потере продуктивности и ухудшению качества туш, поражениям кожи и подошвы ног.

Кокцидиоз – заболевание, вызываемое одним или более видами простейших паразитов *Eimeria*. Инфективной формой является ооциста, передаваемая другим птицам через помет. Для профилактики используются противококцидные кормовые

добавки. Распространенной профилактической мерой против кокцидиоза является включение в рацион цыплят-бройлеров ионофорных кокцидиостатиков. Структурно ионофоры не связаны с терапевтическими антибиотиками, используемыми в медицине и ветеринарии, поэтому согласно классификации Всемирной организации здравоохранения (WHO, 2017a), при их применении риск содействия селекции штаммов, устойчивых к важным в медицинском отношении противомикробным препаратам, является низким. Во многих странах кокцидиостатики регулируются как кормовые добавки и отпускаются без рецепта ветеринара. Рекомендовано использование противококцидных препаратов для профилактики у цыплят-бройлеров вторичных бактериальных инфекций, например, некротического энтерита, вызванного *Clostridium perfringens*. В качестве альтернативной стратегии используется вакцинация от кокцидиоза; кроме того, профилактике кокцидиоза также могут способствовать некоторые фитохимические соединения, в частности эфирные масла орегано (Bozkurt *et al.*, 2013).

Жизненно важным для поддержания механизмов желудочно-кишечного иммунитета является немедленный доступ к корму и воде в первые часы жизни. Он позволяет предотвратить обезвоживание и поддержать функции желудочно-кишечного тракта, играющие ключевую роль в регуляции и развитии микробиома ЖКТ (Uni and Ferket, 2004). Поглощение корма стимулирует перистальтику, секрецию и высвобождение остатков желточного мешка, а также усиливает развитие врожденной иммунной системы. Скармливание пробиотиков цыплятам-бройлерам в максимально короткий срок после вылупления – с кормом, водой или посредством аэрозольной обработки – еще одна мера, способствующая развитию иммунной системы (Baldwin *et al.*, 2018).

Обычно в возрасте от двух до четырех недель у цыплят возникает иммунный пробел вследствие утраты пассивно приобретенной иммунной защиты и недостаточной пока развитости как врожденной, так специфической иммунной системы (Lammers *et al.*, 2010; Yosipovich *et al.*, 2015). В результате возрастает риск желудочно-кишечных расстройств, бройлеры становятся более подверженными дисбиозу и инфекциям. Период иммунного пробела является следующим после первых часов жизни критически важным этапом, когда уязвимость бройлеров перед инфекциями повышается.

Введение в рацион объемобразующих компонентов, например злаков грубого помола или грубой клетчатки, стимулирует развитие и работу железистого и мышечного желудков, улучшает предварительное переваривание корма в передней кишке. В ряде исследований отмечено положительное влияние этих добавок на усвояемость питательных веществ и эффективность усвоения корма (Jimenez-Moreno *et al.*, 2009; Jiménez-Moreno *et al.*, 2016; Kalmendal, 2012). Аналогичную пользу может принести добавление в рацион цельных злаков (Gracia *et al.*, 2016; Plavnik, Macovsky and Sklan, 2002). Представляется, что растворимая или состоящая из мелких частиц клетчатка менее эффективна, следовательно, благотворное воздействие, отмеченное у цыплят-бройлеров, обусловлено именно объемобразующими и растягивающими свойствами клетчатки.

Второй подход заключается в снижении содержания сырого белка в корме при удовлетворении потребностей птиц в незаменимых аминокислотах. В целом он позволяет уменьшить потребление воды и способствует предотвращению поноса (Dunlop *et al.*, 2016; Ferguson *et al.*, 1998). Помимо этого, он защищает ЖКТ, снижая

интенсивность формирования аммиака и других метаболитов гниения, образующихся при разложении белка микроорганизмами (Qaisrani *et al.*, 2015). Рацион с высокой долей белка также считается предрасполагающим фактором некротического энтерита, вызываемого *Clostridium perfringens* (Drew *et al.*, 2004). Снижение содержания белка – действенная мера, однако при ее реализации не следует допускать уменьшения данного показателя до уровня, оказывающего отрицательное влияние на потребление и эффективность корма.

Как и для поросят, для цыплят-бройлеров частичная замена жиров крахмалом в качестве источника энергии безопаснее, поскольку обеспечивает переваримость энергии в условиях воздействия патогенов (Amerah and Ravindran, 2014; Smits *et al.*, 1997). Цыплята-бройлеры обладают ограниченной способностью к перевариванию и абсорбции жиров в связи с относительно низкой концентрацией солей желчных кислот, особенно в первые три недели жизни (Guban *et al.*, 2006; Krogdahl, 1985). При использовании жиров настоятельно рекомендуется делать выбор в пользу ненасыщенных жирных кислот и избегать применения насыщенных жирных кислот. Переваривание ненасыщенных жирных кислот в меньшей степени зависит от обработки желчными солями, чем переваривание насыщенных кислот, и, как правило, первые лучше абсорбируются (Smits, Moughan and Beynen, 2000; Tancharoenrat *et al.*, 2014).

Вязкие некрахмалистые полисахариды, содержащиеся в таких злаках, как пшеница, ячмень, тритикале и рожь, могут ухудшать усвояемость питательных веществ у цыплят-бройлеров и вызывать понос (Choct, 2009). Потребление таких соединений повышает вязкость содержимого ЖКТ, что существенно увеличивает время его пребывания в тонком кишечнике и, следовательно, обуславливает избыточную активность микроорганизмов. В этом случае основной профилактической мерой является введение в рацион ферментов, уменьшающих вязкость полисахаридов (Bedford, 2000). Кроме того, ферменты разлагают полисахаридные структуры или матрицы, в которых могут содержаться питательные вещества. Чаще всего используются ферменты ксиналаза и бета-глюканаза, разлагающие вязкие арабиноксиланы и бета-глюканы соответственно.

Что касается добавляемых в корм минеральных веществ, представляется, что для здоровья желудочно-кишечного тракта бройлеров наиболее значимыми являются кальций и натрий. Избыточное поступление кальция с известью или фосфатом кальция может увеличить буферную способность рациона и повлиять на pH-барьерную функцию зоба (где уровень pH, как правило, составляет от 4 до 5 в результате легкой ферментации) и мышечного желудка (Amerah *et al.*, 2014; Morgan *et al.*, 2014). Слаборастворимые источники кальция могут быть предпочтительнее сильнорастворимых (Hamdi *et al.*, 2015; Walk *et al.*, 2012). Подняв долю натрия в рационе выше минимальной потребности (обычно за счет добавления хлорида натрия), можно до определенного уровня увеличить потребление корма и суточный привес, но при этом возрастет и потребление воды, что может вызвать понос (Murakami *et al.*, 2000; Zduńczyk and Jankowski, 2014). Безусловно, содержание кальция и натрия в рационе должно соответствовать минимальным пищевым потребностям.

Добавление органических кислот в корм или питьевую воду также может способствовать укреплению барьерной функции передней кишки (Andreopoulou, Tsiouris and Georgopoulou, 2014; Chaveerach *et al.*, 2004; Dibner and Buttin, 2002; Khan and Iqbal, 2016;

Ricke, 2003). В то же время необходимо следить за тем, чтобы эта мера не влияла на потребление корма и воды, а уровень pH корма (*in vitro*) и воды не опускался ниже 3,5. Кроме этого, в целях поддержки защитных механизмов ЖКТ у цыплят-бройлеров возможно использование широкого спектра других кормовых добавок. Основными категориями добавок, помимо органических кислот, являются СЦЖК, фитогенные добавки, пробиотики, добавки на основе дрожжей и пребиотические сахара (Choct, 2009; Huyghebaert, Ducatelle and Immerseel, 2011; M'Sadeq *et al.*, 2015). Очевидно, что какая-либо добавка в отдельности не может рассматриваться как универсальное средство для профилактики расстройств или инфекций ЖКТ. Более перспективным подходом к укреплению защитных механизмов ЖКТ является сочетание добавок различного действия, в том числе одновременное использование добавок, предназначенных для стабилизации и увеличения разнообразия микробиома, и добавок, применяемых для поддержки функции мукозального барьера и иммунитета.

ИНДЕЙКИ

Для поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта индеек принимаются меры, аналогичные тем, что используются в отношении бройлеров. Для этих птиц также потенциально требуется ограничить количество неперевариваемого белка в рационе, а замена жиров и клетчатки крахмалом повышает их продуктивность в неблагоприятных условиях. Разница в строении и функционировании ЖКТ индеек и бройлеров заключается в том, что слепые кишки и способность к ферментации у индеек более развиты. Ферментации подвергается большая доля пищевой клетчатки, поэтому ее содержание в рационе индеек можно увеличить по сравнению с рационом бройлеров (Sklan, Smirnov and Plavnik, 2003). У индеек доля сухого вещества в содержимом ЖКТ ниже, и вязкость пищевой клетчатки – менее существенная проблема, при этом для поддержки пищеварения все равно могут потребоваться ферменты. Способы поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта индеек с помощью клетчатки сходны с мерами, рекомендованными для поросят. В качестве объемобразующего материала может использоваться нерастворимая клетчатка, желательно грубой структуры; она предпочтительнее растворимой клетчатки.

КУРЫ-НЕСУШКИ

В первые недели жизни перемещение молодых кур на яичную ферму и переход от этапа выращивания к этапу кладки яиц – период высокого риска в связи с возрастающей вероятностью желудочно-кишечных расстройств. При напольном содержании куры-несушки, подобно бройлерам и индейкам, подвержены риску кокцидиоза и нуждаются в надлежащих мерах контроля. Субклинический кокцидиоз может вызывать у кур предрасположенность к другим желудочно-кишечным заболеваниям. Как и в случае бройлеров и индеек, для предотвращения дисбиоза у кур-несушек возможен ряд мер, в целом соответствующих общей стратегии поддержания системы иммунной защиты и снижения риска нарушений работы желудочно-кишечного тракта. Уменьшение содержания белка в рационе несушек ведет к менее интенсивной ферментации, сокращению образования аммиака в ЖКТ и снижению его содержания в окружающей среде. При этом птицы должны получать необходимое количество аминокислот

(Ribeiro *et al.*, 2016; Roberts *et al.*, 2007). Повышенное образование аммиака может отрицательно повлиять на здоровье и продуктивность несушек в силу ослабления функции мукозального барьера в ЖКТ и легких (Kristensen and Wathes, 2000).

Включение в рацион грубой нерастворимой клетчатки или злаков грубого помола также может быть полезным для несушек в качестве меры, способствующей развитию и функционированию ЖКТ. В то же время имеется мало данных о влиянии данной меры на здоровье желудочно-кишечного тракта и продуктивность молодых несушек. Введение грубых частиц в рацион кур-несушек само по себе не приводит к росту их продуктивности (Mateos *et al.*, 2012; Safaa *et al.*, 2009), но приносит другие положительные результаты, например ослабление агонистического поведения в виде клевания и снижение риска развития синдрома жирной печени (Kalmendal, 2012; van Krimpen *et al.*, 2005).

Курам-несушкам требуется рацион с относительно высоким содержанием кальция и фосфора – элементов, необходимых для формирования скорлупы яиц. Повышение содержания кальция и применение извести увеличивает буферные свойства корма и может повлиять на способность кур снижать pH содержимого железистого и мышечно-желудков. Один из способов предотвратить такую проблему – не допускать избытка кальция в рационе, в частности, ограничивать количество извести в нем. Другой способ – использование грубых частиц извести для уменьшения ее растворимости; однако исследования влияния этого метода на продуктивность, здоровье кур и качество яиц дали довольно противоречивые результаты (Araujo *et al.*, 2011; Guo and Kim, 2012; Świątkiewicz *et al.*, 2015). Использование кальциевых солей органических кислот в корме несушек не получило широкого распространения по экономическим причинам. Для укрепления здоровья желудочно-кишечного тракта могут применяться различные кормовые добавки (Świątkiewicz *et al.*, 2013), но нарушения работы ЖКТ у кур-несушек наблюдаются реже, чем у молодых птиц. ЖКТ кур-несушек развит и сформирован в большей степени и оттого более устойчив к заболеваниям.

Стратегии кормления и пищевой рацион жвачных животных

ТЕЛЯТА МОЛОЧНЫХ И МЯСНЫХ ПОРОД

Диарея у телят – распространенное явление, поэтому они получают антибиотики в достаточно большом количестве. Телята проходят несколько этапов важнейших изменений. Первый такой период – несколько суток после рождения, когда происходит отъем и выращивание с использованием цельного молока или заменителя цельного молока для телят (ЗЦМ). Второй этап наступает при переселении телят в помещение для выращивания. Третий переходный период начинается при переводе телят с цельного молока или ЗЦМ на твердую пищу – грубые корма и концентраты (Drackley, 2008). Для правильного развития пассивного иммунитета важно достаточное потребление молозива в первые шесть часов после рождения (Godden, 2008). Лучше всего, если кормление телят молозивом в сочетании с цельным молоком или ЗЦМ продолжается от двух до трех дней после рождения. Кроме того, у телят должен быть доступ к воде *ad libitum*. При разведении ЗЦМ следует использовать только воду высокого качества. ЗЦМ желательно готовить небольшими порциями, поскольку рекомендуется кормить телят только свежеприготовленной смесью. Любые остатки ЗЦМ следует хранить в надлежащих условиях, если планируется их дальнейшее использование. Переселение телят, предполагающее значительный социальный стресс и изменение их рациона, – период, когда риск дисбиоза существенно повышается (Enríquez, Hötzel and Ungerfeld, 2011).

Несмотря на то, что в первые несколько недель жизни телята получают высокоусвояемый рацион, который состоит из цельного молока или ЗЦМ, выработанного из молочных ингредиентов (обезжиренного молока и сухой молочной сыворотки), кишечные и респираторные заболевания чаще всего возникают именно в этот период. При кормлении телят цельным молоком рекомендуется принимать надлежащие меры по обеспечению безопасности кормов – например, пастеризовать молоко – не только для соблюдения гигиены кормов в целом, но и для профилактики передачи заболеваний от стада телятам (Godden *et al.*, 2005). В отличие от поросят и бройлеров, телята обладают ограниченной способностью к перевариванию крахмала (Coombe and Smith, 1974). По экономическим соображениям в их питании могут использоваться некоторые растительные белки, например гидролизованная пшеничная клейковина или изолят и концентрат соевого белка, антигенность которых, равно как и содержание антипитательных факторов, можно снизить за счет высокотемпературной обработки (Lallés, 1993; Toullec, Lallés and Bouchez, 1994). Помимо этого, производители ЗЦМ используют высокоусвояемые источники жиров и применяют технологии повышения их растворимости и усвояемости, например эмульгирование и сушка распылением (Hill *et al.*, 2009; Radostits and Bell, 1970; Raven, 1970). Все перечисленные меры необходимы для того, чтобы производимый ЗЦМ соответствовал потребностям телят с точки зрения питательных и функциональных качеств, а также для придания требуемых физико-химических свойств жидкой

пище при разведении порошка ЗЦМ водой. В преджвачный период благотворное влияние на продуктивность и здоровье телят может оказать рацион с высоким содержанием ЗЦМ/цельного молока (Johnson *et al.*, 2017). По окончании молочного периода, который обычно завершается в возрасте от шести до десяти недель, телята постепенно начинают получать больше грубых кормов и концентрата, что стимулирует развитие и формирование рубца.

Понос и легочные инфекции – распространенные проблемы здоровья телят, обуславливающие значительную долю случаев использования антибиотиков. Причиной инфекционных заболеваний могут быть разнообразные бактерии, вирусы и паразиты. У телят часто наблюдается обезвоживание, и в целях его профилактики и терапии могут применяться растворы для регидратации, содержащие сахара и электролиты (Brooks *et al.*, 1996; Constable, Thomas and Boisrame, 2001). К дополнительным пищевым средствам снижения частоты и тяжести случаев диареи относятся функциональные белки, например сухая плазма или яичный порошок, полученный из яиц гипериммунизированных кур. Яйца таких несушек отличаются повышенным содержанием патоген-специфического IgY (Erhard *et al.*, 1997; Ikemori *et al.*, 1992, 1997; Quigley and Drew, 2000; Quigley, Kost and Wolfe, 2002; Vega *et al.*, 2011). При этом в соответствии с нормативными ограничениями использование в заменителях молока для телят сопутствующей продукции животного происхождения, в частности плазмы, может быть запрещено. В целом из доступных кормовых добавок, предназначенных для укрепления здоровья ЖКТ, наиболее часто в состав ЗЦМ вводятся пробиотики и пребиотики (Timmerman *et al.*, 2005; Uyeno, Shigemori and Shimamoto, 2015). Пребиотики и пробиотики можно сочетать с кормовыми добавками, которые имеют противомикробные свойства. Например, молоко, сквашенное муравьиной кислотой и имеющее уровень pH от 4 до 4,5, улучшает состояние ЖКТ телят мясных пород (Todd *et al.*, 2017). Кроме того, добавление в заменитель молока масляной кислоты или бутиратов способствует развитию сосочков рубца у телят (Gorka *et al.*, 2009; Kato *et al.*, 2011; Mentschel *et al.*, 2001; Sander *et al.*, 1959); трофическое действие при этом будет аналогичным наблюдаемому у свиней и домашней птицы. Бутираты также поддерживают функции желудочно-кишечного тракта телят, связанные с механизмами предупреждения повреждения ЖКТ и его иммунной защиты (Guilloteau *et al.*, 2009).

МОЛОЧНЫЕ КОРОВЫ

Применение антибиотиков в молочном животноводстве ограничено. Как правило, антибиотики используются для поддержания здоровья вымени: при запуске и в начале лактации с их помощью проводится профилактика или лечение мастита (Krömker and Leimbach, 2017). Параметр, повсеместно применяемый для оценки состояния вымени, – количество соматических клеток (Sharma, Singh and Bhadwal, 2011). При подсчете его значения учитывается количество лейкоцитов и эпителиальных клеток; он позволяет определить иммунную реакцию на бактериальное поражение вымени. Мастит может стать причиной значительных экономических потерь в силу влияния на надой, качество молока и продолжительность жизни молочных коров (de Vliegher *et al.*, 2012). Возбудителями инфекции часто являются патогенные штаммы бактерий *Staphylococcus*; еще одну группу новых, потенциально болезнетворных бактерий составляют некоторые

виды *Mycoplasma* spp. Заболеваемость маститом достигает максимума в начале лактации; в первые 10 дней лактации заболеваемость у первотелок выше, чем у многотельных коров, но далее она становится более высокой у многотельных коров (Steenefeld *et al.*, 2008). Риск мастита также повышается под воздействием теплового стресса. У молочных коров существует связь между заболеваемостью маститом и появлением других проблем со здоровьем, например молочной лихорадкой, кетозом, ацидозом и метритом. Эти заболевания или расстройства возникают во время переходного периода: нагрузка на желудочно-кишечный тракт и изменения в метаболизме до и после отела, а также отрицательный энергетический баланс в начале лактации становятся предрасполагающими факторами развития проблем со здоровьем (Ingvartsen and Moyes, 2013; Raboisson, Mounié and Maigné, 2014). В состав стратегий профилактики заболеваний и борьбы с ними без использования антибиотиков входят меры, связанные с содержанием, гигиеной, благополучием животных, организацией хозяйства и вакцинацией (Gomes and Henriques, 2016). Как и у свиноматок, у молочных коров процесс родов – важнейший переходный период, в течение которого происходят многочисленные изменения, способные негативно повлиять на иммунную защиту и создать условия для развития инфекций (Bradford *et al.*, 2015). Сниженное потребление грубых кормов и концентрата до и после отела может вызвать дисрегуляцию функций ЖКТ, а также послеродовые расстройства и заболевания, например задержание последа, метрит и мастит (Conte *et al.*, 2018; Huzzey *et al.*, 2007; Luchterhand *et al.*, 2016; Rhoads *et al.*, 2009). С повышенными маркерами воспаления у молочных коров также связано пониженное и нерегулярное потребление корма (Garcia, Bradford and Nagaraja, 2017; Min *et al.*, 2016). В связи с этим рекомендуется вводить в полный смешанный рацион значительное количество клетчатки из фуражных кормов и сохранять стабильную частоту кормления до и после отела для поддержания работы ЖКТ, стимуляции жвачки и снижения риска воспаления и заболеваний обмена веществ.

Вторая задача, которой следует уделить внимание перед отелом, – это обеспечение способности коровы мобилизовать кальций из резервов организма. Недостаточная мобилизация кальция до и после отела может обусловить слишком низкое содержание кальция в крови молочных коров – то есть привести к заболеванию обмена веществ, называемому гипокальциемией или «молочной лихорадкой». Наиболее часто это заболевание возникает в первый день после отела. Молочная лихорадка может стать причиной предрасположенности молочных коров к другим расстройствам и заболеваниям, в том числе к метриту и маститу, для лечения которых могут потребоваться антибиотики. Для снижения риска принимаются различные меры в области питания, в частности, корм с пониженной концентрацией кальция до отела, снижение соотношения катионов и анионов в корме, а также обеспечение достаточного количества магния в рационе и кальция непосредственно после родов (Goff, 2008).

После отела у лактирующей молочной коровы наступает состояние отрицательного энергетического баланса, при котором потребность в питательных веществах для выработки молока за счет получаемого рациона не удовлетворяется. Стимуляция потребления сухого вещества способствует предотвращению тяжелого дефицита энергии и уменьшению риска развития таких заболеваний обмена веществ, как кетоз. Кетоз вызывается избыточным высвобождением неэтерифицированных жирных кислот (НЭЖК) из

печени и запасов туловищного жира. В результате в организме начинается чрезмерная выработка и высвобождение кетоновых тел, например ацетоацетата, ацетона и бета-гидроксibuтирата (Andersson, 1988). Для программирования печени на более эффективное использование НЭЖК непосредственно после отела может применяться стратегия «контролируемого поступления энергии» с пищей в целях удовлетворения потребности в энергии и предотвращения перекармливания на поздних сроках стельности. В то же время существует риск «перекармливания» коровы быстро ферментируемыми углеводами, что может провоцировать субклинический ацидоз рубца и ацидоз задней кишки (Owens *et al.*, 1998; Plaizier *et al.*, 2008). При ацидозе – клиническом и субклиническом – в рубце происходит резкий рост выработки короткоцепочечных жирных кислот и падение уровня pH ниже 5,5. Состав микробиоты меняется, стенка рубца оказывается неспособна надлежащим образом отреагировать на поступление большого количества КЦЖК, что приводит к метаболическому ацидозу. Расстройства функции стенки рубца и эпителиального барьера ЖКТ стимулируют рост выработки провоцирующих воспаление липополисахаридов (ЛПС) и могут вызывать проблемы системного характера (Plaizier *et al.*, 2012; Steele *et al.*, 2009). Риск ацидоза сокращают путем снижения количества кормовых концентратов и увеличения в рационе доли эффективной клетчатки в сухом веществе за счет уменьшения доли крахмала, сахаров и высокоферментируемой растворимой клетчатки, а также посредством других методов, влияющих на выработку КЦЖК и уровень кислотности в рубце (Humer *et al.*, 2017; Krause and Oetzel, 2006). Эффективной называется нерастворимая либо нейтрально-детергентная клетчатка, а также клетчатка с соответствующим размером частиц и длиной волокна. К кормовым добавкам, используемым для изменения выработки КЦЖК и уровня pH в рубце, относятся живые дрожжи и буферные вещества, например бикарбонат натрия (Duffield *et al.*, 1998; Erdman, 1988; Mullins *et al.*, 2012; Poppy *et al.*, 2012; Staples and Lough, 1989).

В молочном животноводстве живые дрожжи и буферные вещества используются наиболее часто. Помимо перечисленных ингредиентов, укреплению здоровья желудочно-кишечного тракта могут способствовать и другие кормовые добавки. Широко изучено влияние роста концентрации источников витамина E, селена и органических микроэлементов в рационе молочных коров на функционирование их иммунной и антиокислительной системы, а также воздействие такой меры на другие связанные со здоровьем параметры, в том числе на количество соматических клеток как показатель состояния вымени (O'Rourke, 2009; Spears and Weiss, 2008). Эта мера может применяться в дополнение к стратегиям, направленным на снижение заболеваемости маститом. В целом при кормлении высокопродуктивных молочных коров в течение переходного периода приоритетом является стабилизация ферментации в рубце и поддержание здоровья животных. Такой результат достигается в основном за счет правильного кормления сухостойных коров, которое приводит их в требуемое при отеле физическое состояние, а также благодаря осуществлению надлежащей стратегии кормления до и после отела, подразумевающей достаточное содержание эффективной клетчатки в рационе.

МЯСНОЙ СКОТ

За исключением ионофоров и кокцидиостатиков, в мясном животноводстве антибиотики, как правило, назначают только телятам в период(-ы) переселения. В системах мясного животноводства распространены транспортировка и смешивание групп животных. Например, в Соединенных Штатах Америки животные сначала могут быть переселены из помещений для выращивания телят на подсосе в помещения для дорастивания и подготовки к откорму, затем их переводят на площадку для заключительного откорма, где они остаются до набора убойного веса (Sneeringer *et al.*, 2015). В таких системах антибиотики используются главным образом для профилактики и лечения респираторных заболеваний, в частности, респираторных заболеваний крупного рогатого скота (РЗ КРС), лечение антибиотиками желудочно-кишечных инфекций менее распространено. В системах интенсивного мясного животноводства может возникнуть проблема ацидоза в связи с потреблением животными большого количества концентратов. В таких случаях применимы стратегии, аналогичные описанным в предыдущем абзаце, посвященном молочным коровам (Nagaraja and Titgemeyer, 2007). Кроме того, эффективным средством стабилизации ферментации в рубце мясного скота являются живые дрожжи и ионофоры, а также эффективная клетчатка в составе рациона (Hernández *et al.*, 2014). К сожалению, в ряде стран по-прежнему разрешено, хотя и не рекомендовано, регулярное скармливание антибиотиков мясному скоту в качестве стандартной меры охраны здоровья и/или стимуляторов роста животных.

Заявления о пользе мероприятий в области кормления для здоровья животных

Как правило, кормление животных регулируется нормативно-правовыми актами, касающимися кормов для животных, а мероприятия в области охраны здоровья животных – ветеринарным законодательством. Граница между этими законодательными сферами условна, особенно если речь идет о средствах улучшения кормления животных с субоптимальным статусом здоровья. В большинстве стран и территорий средства улучшения кормления животных, предназначенные для профилактики, излечения, терапии или облегчения заболеваний, в рамках ветеринарного законодательства рассматриваются как лекарственные препараты. Это влияет не только на порядок доступа таких средств на рынок, но и на объем информации, предоставляемой о них производителем. В результате возможности принятия мер в области питания животных ограничиваются. Регистрация ветеринарной продукции и средств – часто дорогостоящая и длительная процедура, обычно связанная с профилактикой или лечением одного конкретного заболевания. Меры в области питания для поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта и иммунной защиты нередко являются более универсальными и не имеют патоген-специфического действия. В силу особенностей существующей системы регулирования влияние питания на здоровье пищеварительной системы и на здоровье и благополучие животных в целом не получило должного признания. Тем не менее потребность в антибиотиках, несомненно, можно снизить за счет принятия эффективных мер в области питания. В связи с остротой этой проблемы требуются новые подходы в сфере регулирования. Признание на законодательном уровне профилактического действия кормовых добавок, применяемых в ветеринарии, будет дополнительно способствовать снижению УПП (den Hartog, Smits and Hendriks, 2015). Безусловно, для функционирования цепочки производства и сбыта животного белка необходима сбалансированная нормативно-правовая среда, учитывающая потребности всех участников и стимулирующая внедрение новых технологий. Сохранение доверия потребителей и обеспечение безопасности кормов как залог безопасности пищевых продуктов остаются приоритетными задачами. Если оперативное изменение существующих законодательных актов, касающихся кормов, невозможно, то решением может стать разработка новых механизмов регулирования, лежащих вне действующего законодательства относительно кормов и ветеринарной медицины. Для осуществления таких изменений может потребоваться время, поскольку они повлияют как на национальное, так и на международное правовое регулирование. Одной из возможных законодательных мер – в настоящее время она рассматривается в Европейском союзе – является создание нормативно-правовой базы, позволяющей производителям кормовых добавок делать заявления об их положительном влиянии на

здоровье и благополучие животных. Параметры повышения благополучия животных в рамках таких заявлений еще не определены, но они могут быть связаны с улучшением физиологических показателей животных в периоды важнейших изменений: родов, рождения, отъема и переселения, а также при воздействии неблагоприятных условий окружающей среды, например, теплового стресса. На этих ключевых этапах возможны потери продуктивности и неинфекционные клинические нарушения, устранить которые можно с помощью мероприятий в области питания. Наряду с более показательными параметрами, характеризующими изменения микробиома, функции мукозального барьера, иммунной реакции и уровня стресса, могут подвергаться анализу значимые зоотехнические конечные параметры, в частности, суточный привес, эффективность усвоения корма, надой и яйценоскость. Кроме того, для доказательства повышения благополучия животных в указанный набор параметров могут быть включены визуально наблюдаемые признаки, например повреждения перьев и кожных покровов, и в перспективе – особенности поведения. Такой подход к регулированию кормов обеспечит признание важной роли, которую играет питание в охране здоровья и благополучия животных, и позволит избежать – полностью или практически полностью – дублирования положений ветеринарного законодательства.

Передовой опыт организации кормления в рамках программ по сокращению использования антибиотиков

Меры в области кормления, описанные в настоящем документе, могут способствовать профилактике заболеваний и смягчению последствий инфекции. Тем не менее оценить или гарантировать результативность комплексных мер в области кормления, применяемых в рамках большинства программ по сокращению использования антибиотиков, невозможно. В опубликованных исследованиях, как правило, бывает описано влияние одного фактора, действующего в условиях эксперимента, не всегда соответствующих реальности. Даже если исследователи стремятся воспроизвести полевые условия, в разных хозяйствах патогенная нагрузка и уровень воздействия патогенов могут существенно варьировать, поэтому создание надлежащих условий исследования – крайне трудная задача. Кроме того, фермерами практикуется многофакторный подход к биологической защите, генетике, ветеринарии, благополучию и кормлению животных и организации хозяйства. В то же время полезно будет ознакомиться с накопленным опытом стран, где использование антибиотиков было успешно сокращено без ущерба для продуктивности и здоровья животных, – например, Дании и Нидерландов. За последние годы в обеих странах удалось существенно снизить уровень использования антибиотиков при выращивании поросят, бройлеров и телят. Массовое применение кормовых антибиотиков либо не разрешено (Нидерланды), либо строго ограничено (Дания). Использование антибиотиков в субтерапевтических дозах в настоящее время запрещено в Соединенных Штатах Америки и в Канаде. В мировом масштабе под влиянием рыночного спроса стремительно растут объемы производства свиноводческих и бройлерных хозяйств, полностью отказавшихся от антибиотиков – стимуляторов роста и ограниченно применяющих антибиотики в терапевтических дозах.

Лекарственные препараты по возможности должны назначаться только для лечения больных животных, которые будут получать их с питьевой водой или по индивидуальной схеме (для свиней). При разработке рациона специалисты по питанию часто вводят в него максимальное количество общего белка. Распространена практика использования кормов более грубого помола и гранулированных кормов для свиней и бройлеров. Как в Нидерландах, так и в Дании общепринятой мерой является добавление органических кислот в корма для поросят. В рацион бройлеров органические кислоты обычно не включают, поскольку соотношение издержек и результатов менее очевидное, чем в случае поросят. Подкислители воды часто применяются на протяжении чувствительных периодов жизни поросят и цыплят-бройлеров. Для поросят это несколько недель после отъема и период после переселения в помещение для откорм-

ма, а для бройлеров – первые три-четыре недели жизни (когда возникает иммунный пробел). Кроме того, распространено использование других добавок противомикробного действия, например СЦЖК и фитогенных веществ. Пробиотики и пребиотики также находят применение: как правило, их вводят в рацион поросят на первых этапах после отъема и в стартерный рацион бройлеров. В странах Европы, где рацион бройлеров состоит в основном из пшеницы, стандартной практикой является добавление в него ферментов, расщепляющих НПС. В отношении поросят большинство животноводов используют ферменты в качестве меры предосторожности в период после отъема для поддержания пищеварения, но с точки зрения роста продуктивности однозначных результатов не получено. В Дании по-прежнему практикуется скормливание окиси цинка поросятам на этапе после отъема в количестве от 2,5 до 3,0 г/кг, но в связи новыми правилами Европейского союза в ближайшем будущем фермеры начнут постепенно отказываться от этой меры.

Большинство описанных в настоящей публикации мер в области кормления свиней и домашней птицы являются общепринятой практикой в Нидерландах и Дании; многие из них широко распространены во всем мире. В то же время следует учитывать, что условия ведения животноводческого хозяйства варьируются, поэтому рекомендуется в каждом случае выработать индивидуальный подход, основанный на всестороннем анализе конкретных условий на каждой ферме и потребностей животноводов. Наибольшую вероятность успеха обеспечит многофакторный подход, подкрепленный четко поставленными целями и планом, а также предусматривающий тщательный мониторинг и корректировку программы на основе результатов. Одно из очевидных отличий антибиотиков, назначаемых в субтерапевтических дозах, от альтернативных средств заключается в том, что сфера применения антибиотиков значительно шире, а их эффективность – выше. Альтернативные средства обычно направлены на решение определенной проблемы, поэтому необходимо уделять особое внимание точности диагностических процедур в целях принятия правильных мер в области кормления.

ВЫВОДЫ

Кормление – один из ключевых факторов здоровья желудочно-кишечного тракта, посредством которого можно минимизировать использование противомикробных препаратов в животноводстве. В настоящей работе рассмотрены различные стратегии и варианты организации кормления свиней, домашней птицы и жвачных, которые могут применяться в качестве опорных элементов или инструментов для достижения требуемых показателей здоровья животных, эффективности производства и сокращения использования антибиотиков. В таблицах 5, 6 и 7 представлено краткое описание упомянутых стратегий в области кормления, предназначенных для поросят, цыплят-бройлеров и телят соответственно. Молодые животные представляют собой группу наибольшего риска с точки зрения потребности в антибиотиках для профилактических или терапевтических целей. Основная задача стратегий в области кормления – поддержание или усиление иммунной защиты. Животные уже обладают сложной системой противодействия патогенам, также обеспечивающей эффективное переваривание и абсорбцию питательных веществ. Моторика желудочно-кишечного тракта, секреция пищеварительных соков, микробиом, мукозальный барьер и иммунная

система – все эти составляющие играют важную роль в защите организма, и все они могут быть усилены благодаря кормлению. Корректировка рациона наряду с мерами в области биозащиты, генетики, ветеринарии, благополучия животных и организации хозяйства – залог успешного укрепления здоровья и повышения благополучия животных. На примере различных хозяйств и регионов доказано, что использование антибиотиков может быть значительно сокращено и ограничено случаями, требующими лечения больных животных. Помимо этого, органами, осуществляющими мониторинг УПП, было отмечено, что существенное сокращение использования определенных антибиотиков в животноводстве позволило обратить вспять тенденцию роста устойчивости микроорганизмов к этим антибиотикам. Это наблюдение вызывает оптимизм, ведь конечная цель борьбы с УПП – сохранение эффективности антибиотиков не только в медицине, но и в ветеринарии. Для поощрения быстрого внедрения передовых методов и нормативного закрепления важности кормления для здоровья и благополучия животных регулирующим органам, возможно, потребуется изменить действующее законодательство в части заявлений о пользе кормов и кормовых ингредиентов. Правильно организовав кормление, можно добиться значительного профилактического эффекта, снизить риск желудочно-кишечных заболеваний и стимулировать выздоровление животных. Знания о таком воздействии, применимые для выработки передовых методов в области кормления, были получены в результате реализации стратегий по снижению устойчивости к противомикробным препаратам, и теперь их следует распространять, применять и адаптировать к условиям конкретных хозяйств и стран. В свете появления новых ветеринарных технологий, устройств для отслеживания показателей здоровья животных и методов точного животноводства достигать результатов в будущем можно будет быстрее и эффективнее.

ТАБЛИЦА 5
Краткое описание мер в области кормления для укрепления здоровья ЖКТ поросят-отъемышей

Тема	Рекомендации
Ключевые принципы организации кормления	Для поддержания развития ЖКТ и содействия адаптации к твердому корму после отъема рекомендуется начинать кормление поросят еще до отъема. Системы подачи корма и питьевой воды должны способствовать высокому потреблению корма и воды в первые 48 часов после отъема.
Форма и размер кормовых частиц	Кормление жидкой пищей обеспечивает максимальное потребление, но затруднительно с практической точки зрения. Следует рассмотреть возможность добавления в корм злаков грубого помола для поддержания рН-барьерной функции желудка и стимуляции моторики и секреции ЖКТ. Другой вариант – введение в рацион источников грубой клетчатки. Альтернативным решением является кормление мешанкой для замедления поглощения пищи, но в таком случае может возникнуть проблема рассыпания корма.
Белок	Следует снизить долю сырого белка в рационе, обеспечивая при этом минимально необходимое количество усвояемых аминокислот (содержание сырого белка – не более 17-19 процентов). Количество неусвояемого белка следует ограничить. В целом рекомендуется использовать источники легкоусвояемого белка.
Аминокислоты	Увеличьте долю полезных аминокислот, например сульфаминокислоты, триптофана или треонина относительно лизина до 60–65 процентов, 21 процентов–22 процентов и 70 процентов соответственно (Pluske, Turpin and Kim, 2018).
Крахмал	Замените жиры крахмалом так, чтобы их содержание достигло минимального уровня (35 процентов). При желудочно-кишечных расстройствах переваривание крахмала и усвоение глюкозы нарушаются в меньшей степени.
Сахарá	Включите в рацион поросят, отнятых в раннем возрасте (<4 недель), минимальное количество лактозы в качестве источника легкоусвояемой энергии и пребиотика. Позднее эффект от ее применения может быть ограниченным. Добавление сахаров (сахарозы) улучшает вкус корма.
Жиры	Ограничьте количество жиров (максимум – 5 процентов) на первом этапе после отъема. Непосредственно после отъема переваримость и абсорбция жиров ухудшаются, особенно если речь идет об источниках высоконасыщенных жиров.
Количество клетчатки и ее источники	Включите в рацион источники нерастворимой объемообразующей клетчатки для стимуляции секреции и моторики ЖКТ.
Кальций	Уменьшите количество известняковых или других источников кальция с буферными свойствами для поддержания низкого уровня рН в желудке. Большого количества кальция в рационе следует избегать, соблюдая при этом минимальные требования по его содержанию в пище. В качестве источников кальция с низкой способностью к связыванию кислот могут использоваться кальциевые соли органических кислот.
Фосфор	Рассмотрите возможность применения фитазы для ограничения использования источников фосфора с буферными свойствами и уменьшения антипитательных свойств фитатов.
Натрий	При общей доле натрия в рационе, составляющей до 0,4 процентов, улучшается вкус пищи и повышаются показатели роста поросят. В первые дни после отъема необходимо стимулировать потребление корма.
Медь, цинк	Увеличение доли меди (0,150–0,250 г/кг) и окиси цинка (2,5–3,0 г/кг только в течение первых двух недель после отъема) позволяет сократить число случаев диареи. Предметом общественной озабоченности являются загрязнение окружающей среды и риск содействия селекции штаммов, устойчивых к противомикробным препаратам.
Функциональные макроингредиенты	После отъема можно ввести в рацион белок плазмы, молочный белок, лактозу и/или яичный белок, полученный из яиц гипериммунизированных кур.
Кормовые добавки	Рекомендуется подкислять корм и, возможно, питьевую воду с помощью органических кислот. В сочетании с СЦЖК и фитогенными веществами их противомикробное действие усиливается. К дополнительным средствам модуляции кишечного микробиома и поддержания функции мукозального барьера относятся пребиотики и пробиотики, а также фитогенные вещества. В целях поддержания пищеварения в период после отъема следует рассмотреть возможность регулярного использования фитазы и ферментов, расщепляющих НПС.

ТАБЛИЦА 6

Краткое описание мер в области кормления для укрепления здоровья ЖКТ цыплят-бройлеров

Тема	Рекомендации
Ключевые принципы организации кормления	Для профилактики обезвоживания и стимуляции развития и функционирования ЖКТ крайне важно обеспечить доступ к корму и воде вскоре после вылупления.
Форма и размер кормовых частиц	Корм должен иметь форму гранул, либо раздробленных гранул, главным образом из соображений эффективности усвоения. В целях стимуляции развития и функционирования железистого и мышечного желудков рекомендуется использовать цельную пшеницу, грубо размолотые злаки или клетчатку грубого помола.
Белок, аминокислоты	Необходимо уменьшить количество сырого белка в рационе, сохраняя при этом минимальное содержание усвояемых аминокислот. Помимо укрепления здоровья ЖКТ, это позволит контролировать качество помета.
Крахмал и сахара	Замена жиров минимально необходимым количеством легкоусвояемых углеводов обеспечит повышение продуктивности в неблагоприятных условиях.
Жиры	Входящие в рацион жиры должны содержать минимально необходимое количество ненасыщенных жирных кислот. В неблагоприятных условиях ненасыщенные жирные кислоты перевариваются легче, чем насыщенные жирные кислоты. Общее количество жира следует ограничить.
Количество клетчатки и ее источники	Рекомендуется рассмотреть возможность введения в рацион минимального количества нерастворимой клетчатки. Содержание в рационе растворимой ферментируемой клетчатки следует ограничить. Настоятельно рекомендуется использовать расщепляющие НПС ферменты, в зависимости от состава НПС в пище.
Кальций	Уменьшите количество извести или других источников кальция с буферными свойствами для содействия быстрому снижению уровня pH в железистом и мышечном желудках. Большого количества кальция в рационе следует избегать, соблюдая при этом минимальные требования по его содержанию в пище.
Фосфор	Рассмотрите возможность применения фитазы для ограничения использования источников фосфора с буферными свойствами и лишения фитатов их антипитательных свойств.
Натрий	Повышение доли натрия в рационе может привести к росту потребления корма, но в целом рекомендовать эту меру нельзя в связи с риском поноса.
Медь, цинк	Введение в рацион меди в количествах, превышающих пищевую потребность, может способствовать контролю активности микроорганизмов в ЖКТ. Предметом общественной обеспокоенности являются загрязнение окружающей среды и риск роста УПП. Не следует применять большое количество окиси цинка в силу ее токсичности.
Функциональные макроингредиенты	С экономической точки зрения применение таких функциональных ингредиентов, как сухая плазма и яичный порошок, может быть оправданным только в период кормления (пре) стартерным кормом.
Кормовые добавки	В периоды важнейших изменений можно подкислять корм и питьевую воду с помощью органических кислот. В сочетании с СЦЖК и фитогенными веществами их противомикробное действие усиливается. К дополнительным средствам модуляции кишечного микробиома и поддержания функции мукозального барьера относятся пребиотики и пробиотики, а также фитогенные вещества. Рекомендуется регулярно использовать фитазу и расщепляющие НПС ферменты.

ТАБЛИЦА 7

Краткое описание мер в области кормления для укрепления здоровья ЖКТ телят

Тема	Рекомендации
Ключевые принципы организации кормления	В течение первых шести часов после рождения телята должны получить минимум четыре литра молозива. Далее телят можно кормить цельным молоком или ЗЦМ. Перед кормлением цельное молоко следует пастеризовывать. Нежелательно выпивать телят отбракованным молоком, содержащим остатки антибиотиков. Телятам также необходимо предоставить свободный доступ к питьевой воде. Дополнительно рекомендуется обеспечить доступ к соломе и другим грубым кормам. Переход с молока на твердый корм должен происходить постепенно.
Белок и аминокислоты	В целях ограничения количества неусвояемого белка в рационе рекомендуется использовать сухое обезжиренное молоко или сухую молочную сыворотку – они относятся к источникам легкоусвояемого белка. Введение в рацион растительных белков может повысить содержание в нем неусвояемого белка. О потребности телят в аминокислотах в периоды, неблагоприятные для здоровья ЖКТ, имеется сравнительно мало данных.
Крахмал и сахара	В качестве источника энергии предпочтительно использовать лактозу. По сравнению со свиньями у телят достаточно низкая способность к перевариванию крахмала.
Жиры	Ненасыщенные жиры предпочтительнее насыщенных. Эмульгирование – метод, применяемый для облегчения разведения порошкового заменителя молока – может также способствовать перевариванию жиров.
Количество клетчатки и ее источники	Для поддержания развития ЖКТ в качестве дополнения к основному рациону телят рекомендуется давать им солому и грубые корма. В ЗЦМ (или цельном молоке) клетчатка обычно отсутствует или содержится в небольших количествах.
Кальций, фосфор, натрий	Об оптимальном для укрепления здоровья ЖКТ телят количестве кальция, фосфора и натрия в рационе имеется сравнительно мало данных.
Медь, цинк	Добавление меди или цинка в рацион телят не разрешено и не практикуется.
Функциональные макроингредиенты	Сухая плазма крови может способствовать укреплению здоровья телят. При этом в связи с законодательными ограничениями ее применение в качестве элемента рациона телят может быть запрещено. Потенциальной альтернативой является яичный порошок, полученный из яиц гипериммунизированных кур-несушек.
Кормовые добавки	Использование органических кислот для подкисления ЗЦМ не распространено, но может быть целесообразным. К дополнительным средствам относятся бутираты, пребиотики и пробиотики, а также фитогенные вещества, предназначенные для модуляции кишечного микробиома и поддержания функции мукозального барьера.

Библиография

- AFIA.** 2010. *Salmonella control guidelines* [online]. Arlington. [Cited 21 December 2018]. <http://ucfoodsafety.ucdavis.edu/files/172958.pdf>
- Aggarwal, B., Van Kuiken, M.E., Iyer, L.H., Harikumar, K.B. & Sung, B.** 2009. Molecular targets of nutraceuticals derived from dietary spices: Potential role in suppression of inflammation and tumorigenesis. *Experimental Biology And Medicine Journal*, 234(8): 825–849. <https://doi.org/10.3181/0902-MR-78>
- Agunos, A., Ibuki, M., Yokomizo, F. & Mine, Y.** 2007. Effect of dietary β 1-4 mannobiose in the prevention of Salmonella enteritidis infection in broilers. *British Poultry Science*, 48(3): 331–341. <https://doi.org/10.1080/00071660701370442>
- Ahluwalia, B., Magnusson, M.K. & Öhman, L.** 2017. Mucosal immune system of the gastrointestinal tract: maintaining balance between the good and the bad. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 52(11): 1185–1193. <https://doi.org/10.1080/00365521.2017.1349173>
- Ajisaka, K., Yuki, K., Sato, K., Ishii, N., Matsuo, I., Kuji, R., Miyazaki, T. & Furukawa, K.** 2016. Preferential binding of E. coli with type 1 fimbria to D-mannobiose with the Man α 1 \rightarrow 2Man structure. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 80(1): 128–134. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1075863>
- Akbari, P., Braber, S., Varasteh, S., Alizadeh, A., Garssen, J. & Fink-Gremmels, J.** 2017. The intestinal barrier as an emerging target in the toxicological assessment of mycotoxins. *Archives of Toxicology*, 91(3): 1007–1029. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1794-8>
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D. & Rounsevell, D.A.** 2017. Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems* 153:190-200. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014>
- Allaire, J.M., Yang, H., Moore, N., Crowley, S.M., Verdu, E. & Vallance, B.** 2018. A274 gut microbiota regulates innate epithelial responses against an enteric bacterial pathogen. *Journal of the Canadian Association of Gastroenterology*, 1(suppl_2): 396–396. <https://doi.org/10.1093/jcag/gwy009.274>
- Alloui, M.N. & Szczurek, W.** 2017. Effects of different dietary levels of whey lactose as a prebiotic disaccharide on the productive performances and selected indices of the caecal micro-environment in broiler chickens. *Annals of Animal Science*, 17(4): 1107–1122. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0021>
- Amerah, A.M., Plumstead, P.W., Barnard, L.P. & Kumar, A.** 2014. Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets. *Poultry Science*, 93(4): 906–915. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03465>
- Amerah, A.M. & Ravindran, V.** 2014. Effect of coccidia challenge and natural betaine supplementation on performance, nutrient utilization, and intestinal lesion scores of broiler chickens fed suboptimal level of dietary methionine. *Poultry Science*, 94(4): 673–680. <https://doi.org/10.3382/ps/pev022>

- Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G. & Thomas, D.G.** 2007a. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 63(3): 439–455. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001560>
- Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G. & Thomas, D.G.** 2007b. Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86(12): 2615–2623. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00212>
- Andersson, L.** 1988. Subclinical ketosis in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 4(2): 233–251. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)31046-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31046-X)
- Andreopoulou, M., Tsiouris, V. & Georgopoulou, I.** 2014. Effects of organic acids on the gut ecosystem and on the performance of broiler chickens. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 65(4): 289–302. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15577>
- Antonissen, G., Croubels, S., Pasmans, F., Ducatelle, R., Eeckhaut, V., Devreese, M., Verlinden, M., Haesebrouck, F., Eeckhout, M., De Saeger, S., Antlinger, B., Novak, B., Martel, A. & Van Immerseel, F.** 2015. Fumonisin affect the intestinal microbial homeostasis in broiler chickens, predisposing to necrotic enteritis. *Veterinary Research*, 46(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0234-8>
- Araujo, J.A. de, Silva, J.H.V. da, Costa, F.G.P., Sousa, J.M.B. de, Givisiez, P.E.N. & Sakomura, N.K.** 2011. Effect of the levels of calcium and particle size of limestone on laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5): 997–1005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500009>
- Arnal, M.-E., Zhang, J., Messori, S., Bosi, P., Smidt, H. & Lallès, J.-P.** 2014. Early changes in microbial colonization selectively modulate intestinal enzymes, but not inducible heat shock proteins in young adult swine. *PLoS ONE*, 9(2): e87967 [online]. [Cited 5 August 2018]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087967>
- Aziz, Q., Doré, J., Emmanuel, A., Guarner, F. & Quigley, E.M.M.** 2013. Gut microbiota and gastrointestinal health: current concepts and future directions. *Neurogastroenterology & Motility*, 25(1): 4–15. <https://doi.org/10.1111/nmo.12046>
- Baker-Austin, C., Wright, M.S., Stepanauskas, R. & McArthur, J. V.** 2006. Co-selection of antibiotic and metal resistance. *Trends in Microbiology*, 14(4): 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2006.02.006>
- Baldwin, S., Hughes, R.J., Van, T.T.H., Moore, R.J. & Stanley, D.** 2018. At-hatch administration of probiotic to chickens can introduce beneficial changes in gut microbiota. *PLoS ONE*, 13(3): e0194825 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194825>
- Ball, R.O. & Ahern, F.X.** 1987. Influence of dietary nutrient density, level of feed intake and weaning age on young pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 67: 1105–1115. <https://doi.org/10.4141/cjas87-116>
- Bannink, A., Valk, H. & van Vuuren, A.M.** 1999. Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(5): 1008–1018. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75321-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75321-X)
- Basso, K., Gomes, F. & Bracarense, A.P.L.** 2013. Deoxynivalenol and fumonisin, alone or in combination, induce changes on intestinal junction complexes and in E-cadherin expression. *Toxins*, 5(12): 2341–2352. <https://doi.org/10.3390/toxins5122341>
- Bauer, E., Jakob, S. & Mosenthin, R.** 2005. Principles of physiology of lipid digestion. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(2): 282–295. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.282>

- Bauer, E., Williams, B.A., Smidt, H., Verstegen, M.W.A. & Mosenthin, R.** 2006. Influence of the gastrointestinal microbiota on development of the immune system in young animals. *Current issues in intestinal microbiology*, 7(2): 35–51. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16875418>
- Bedford, A. & Gong, J.** 2018. Implications of butyrate and its derivatives for gut health and animal production. *Animal Nutrition*, 4(2): 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.08.010>
- Bedford, M.R.** 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - Their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86(1–2): 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00155-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00155-3)
- Bedford, M.R. & Schulze, H.** 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 11(1): 91-114. <https://doi.org/10.1079/NRR19980007>
- Begley, M., Gahan, C.G.M. & Hill, C.** 2005. The interaction between bacteria and bile. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4): 625–651. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.09.003>
- Benis, N., Schokker, D., Suarez-Diez, M., Martins dos Santos, V.A., Smidt, H. & Smits, M.A.** 2015. Network analysis of temporal functionalities of the gut induced by perturbations in new-born piglets. *BMC Genomics*, 16(1): 556 [online]. [5 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1733-8>
- Bergeron, N., Robert, C. & Guay, F.** 2014. Antioxidant status and inflammatory response in weanling piglets fed diets supplemented with arginine and zinc. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(1): 87–97. <https://doi.org/10.4141/cjas2013-023>
- Bhandari, S.K., Nyachoti, C.M. & Krause, D.O.** 2009. Raw potato starch in weaned pig diets and its influence on postweaning scours and the molecular microbial ecology of the digestive tract. *Journal of Animal Science*, 87(3): 984–993. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0747>
- Bikker, P., Dirkzwager, A., Fledderus, J., Trevisi, P., Le Huërou-Luron, I., Lallès, J.P. & Awati, A.** 2006. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 84(12): 3337–3345. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-076>
- Bindelle, J., Leterme, P. & Buldgen, A.** 2008. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 12(1): 69–80.
- Bischoff, S.C.** 2011. “Gut health:” A new objective in medicine? *BMC Medicine* 9:24. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-24>
- Borda-Molina, D., Seifert, J. & Camarinha-Silva, A.** 2018. Current Perspectives of the Chicken Gastrointestinal Tract and Its Microbiome. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16: 131–139. <https://doi.org/10.1016/J.CSBJ.2018.03.002>
- Borda-Molina, D., Vital, M., Sommerfeld, V., Rodehutscord, M. & Camarinha-Silva, A.** 2016. Insights into Broilers’ Gut Microbiota Fed with Phosphorus, Calcium, and Phytase Supplemented Diets. *Frontiers in Microbiology*, 7: 2033 [online]. [Cited 3 October 2018]. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02033>
- Bosi, P., Casini, L., Finamore, A., Cremokolini, C., Merialdi, G., Trevisi, P., Nobili, F., Bosi, P., Casini, L., Finamore, A., Cremokolini, C., Merialdi, G., Trevisi, P., Nobili, F. & Mengheri, E.** 2004. Spray-dried plasma improves growth performance and reduces inflammatory status of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. *Journal of Animal Science*, 82(6): 1764–1772.

- Bowring, B.G., Jenkins, S.N. & Collins, A.M.** 2015. Scouring weaner pigs have a lower abundance of butyrate-producing bacteria. *Animal Production Science*, 55: 1448. <https://doi.org/10.1071/ANv55n12Ab015>
- Bozkurt, M., Giannenas, I., Küçükyılmaz, K., Christaki, E. & Florou-Paneri, P.** 2013. An update on approaches to controlling coccidia in poultry using botanical extracts. *British Poultry Science*, 54(6): 713–727. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.849795>
- Bradford, B.J., Yuan, K., Farney, J.K., Mamedova, L.K. & Carpenter, A.J.** 2015. Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *Journal of Dairy Science*, 98(10): 6631–6650. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9683>
- Brenes, A. & Roura, E.** 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1–2): 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007>
- Brickett, K.E., Dahiya, J.P., Classen, H.L. & Gomis, S.** 2007. Influence of dietary nutrient density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. *Poultry Science*, 86(10): 2172–2181. <https://doi.org/10.1093/ps/86.10.2172>
- Brooks, H.W., White, D.G., Wagstaff, A.J. & Michell, A.R.** 1996. Evaluation of a nutritive oral rehydration solution for the treatment of calf diarrhoea. *British Veterinary Journal*, 152(6): 699–708. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(96\)80123-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(96)80123-0)
- Brownlee, I.A.** 2011. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25(2): 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.013>
- Burt, S.** 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Canani, R.B., Costanzo, M. Di, Leone, L., Pedata, M., Meli, R. & Calignano, A.** 2011. Potential beneficial effects of butyrate in intestinal and extraintestinal diseases. *World Journal of Gastroenterology*, 17(12): 1519–1528. <https://doi.org/10.3748/wjg.v17.i12.1519>
- Canibe, N., Steien, S.H., Øverland, M. & Jensen, B.B.** 2001. Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. *Journal of Animal Science*, 79(8): 2123–2133. <https://doi.org/10.2527/2001.7982123x>
- Capozzalo, M.M., Kim, J.C., Htoo, J.K., De Lange, C.F.M., Mullan, B.P., Hansen, C.F., Resink, J.W. & Pluske, J.R.** 2017. Pigs experimentally infected with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli* have improved feed efficiency and indicators of inflammation with dietary supplementation of tryptophan and methionine in the immediate post-weaning period. *Animal Production Science*, 57(5): 935–947. <https://doi.org/10.1071/AN15289>
- Carding, S., Verbeke, K., Vipond, D.T., Corfe, B.M. & Owen, L.J.** 2015. Dysbiosis of the gut microbiota in disease. *Microbial Ecology in Health & Disease*, 26: 10.3402/mehd.v26.26191 [online]. [Cited 3 August 2018]. <https://doi.org/10.3402/mehd.v26.26191>
- Cera, K.R., Mahan, D.C. & Reinhart, G.A.** 1989. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *Journal of Animal Science*, 67(8): 2040–2047. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6782040x>
- Chang, A., Halley, J. & Silva, M.** 2016. Can feeding the broiler breeder improve chick quality and offspring performance? *Animal Production Science*, 56(8): 1254–1262. <https://doi.org/10.1071/AN15381>

- Chaucheyras-Durand, F. & Durand, H.** 2010. Probiotics in animal nutrition and health. *Beneficial Microbes*, 1(1): 3–9. <https://doi.org/10.3920/BM2008.1002>
- Chaveerach, P., Keuzenkamp, D.A., Lipman, L.J.A. & van Knapen, F.** 2004. Effect of organic acids in drinking water for young broilers on *Campylobacter* infection, volatile fatty acid production, gut microflora and histological cell changes. *Poultry Science*, 83(3): 330–334. <https://doi.org/10.1093/ps/83.3.330>
- Choct, M.** 2009. Managing gut health through nutrition. *British Poultry Science*, 50(1): 9–15. <https://doi.org/10.1080/00071660802538632>
- Choct, M.** 2015. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: Classification and function. *Animal Production Science*, 55(11–12): 1360–1366. <https://doi.org/10.1071/AN15276>
- Clavijo, V. & Flórez, M.J.V.** 2018. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. *Poultry Science*, 97(3): 1006–1021. <https://doi.org/10.3382/ps/pex359>
- Cochrane, R.A., Dritz, S.S., Woodworth, J.C., Stark, C.R., Huss, A.R., Cano, J-P, Thompson, R.W, Fahrenheit, A.C. & Jones, C.K.** 2016. Feed mill biosecurity plans: A systematic approach to prevent biological pathogens in swine feed. *Journal of Swine Health and Production*, 24(3): 154-164.
- Cogliani, C., Goossens, H. & Greko, C.** 2011. Restricting antimicrobial use in food animals: Lessons from Europe. *Microbe*, 6(6): 274–279. <https://doi.org/10.1128/microbe.6.274.1>
- Collett, S.R.** 2012. Nutrition and wet litter problems in poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1–2): 65–75. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2011.12.013>
- Constable, P.D., Thomas, E. & Boisrame, B.** 2001. Comparison of two oral electrolyte solutions for the treatment of dehydrated calves with experimentally-induced diarrhoea. *The Veterinary Journal*, 162(2): 129–140. <https://doi.org/10.1053/TVJL.2000.0553>
- Conte, G., Ciampolini, R., Cassandro, M., Lasagna, E., Calamari, L., Bernabucci, U. & Abeni, F.** 2018. Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3): 604–620. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1404944>
- Contreras, G.A., Kirkwood, R.N. & Sordillo, L.M.** 2013. Mononuclear leukocyte fatty acid composition and inflammatory phenotype in periparturient and lactating sows. *Journal of Animal Science*, 91(1): 174–187. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5442>
- Coombe, N.B. & Smith, R.H.** 1974. Digestion and absorption of starch, maltose and lactose by the preruminant calf. *British Journal of Nutrition*, 31(2): 227–235. <https://doi.org/10.1079/BJN19740028>
- Corfield, A.P., Carroll, D., Myerscough, N. & Probert, C.S.** 2001. Mucins in the gastrointestinal tract in health and disease. *Frontiers in bioscience : a journal and virtual library*, 6: D1321-1357. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11578958>
- Cox, C.M., Stuard, L.H., Kim, S., McElroy, A.P., Bedford, M.R. & Dalloul, R.A.** 2010. Performance and immune responses to dietary β -glucan in broiler chicks. *Poultry Science*, 89(9): 1924–1933. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00865>
- Crawshaw, R.** 2003. Co-product feeds: animal feeds from the food and drinks industries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(4): 362–362. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1326>
- Crump, J.A., Griffin, P.M. & Angulo, F.J.** 2002. Bacterial contamination of animal feed and its relationship to human foodborne illness. *Clinical Infectious Diseases*, 35(7): 859–865. <https://doi.org/10.1086/342885>

- Dänicke, S., Valenta, H., Döll, S., Ganter, M. & Flachowsky, G.** 2004. On the effectiveness of a detoxifying agent in preventing fusario-toxicosis in fattening pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4): 141-157. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.11.012>
- Dębski, B.** 2016. Supplementation of pigs diet with zinc and copper as alternative to conventional antimicrobials. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 19(4): 917–924. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0113>
- Decaluwé, R., Maes, D., Wuyts, B., Cools, A., Piepers, S. & Janssens, G.P.J.** 2014. Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. *Livestock Science*, 162(1): 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.024>
- de Greeff, A., Resink, J.W., van Hees, H.M.J., Ruuls, L., Klaassen, G.J., Rouwers, S.M.G. & Stockhofe-Zurwieden, N.** 2016. Supplementation of piglets with nutrient-dense complex milk replacer improves intestinal development and microbial fermentation1. *Journal of Animal Science*, 94(3): 1012–1019. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9481>
- de Maesschalck, C., Eeckhaut, V., Maertens, L., de Lange, L., Marchal, L., Nezer, C., de Baere, S., Croubels, S., Daube, G., Dewulf, J., Haesebrouck, F., Ducatelle, R., Taminau, B. & van Immerseel, F.** 2015. Effects of xylo-oligosaccharides on broiler chicken performance and microbiota. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(17): 5880–5888. <https://doi.org/10.1128/AEM.01616-15>
- den Hartog, L.A., Smits, C.H.M., Hendriks, W.H.** 2015. Feed additive strategies to replace antimicrobial growth promoters and to establish a responsible use of antibiotics. Paper presented at 7th China academic symposium of swine nutrition, 16-17 October 2015, Chongqing, China.
- de Vliegher, S., Fox, L.K., Piepers, S., McDougall, S. & Barkema, H.W.** 2012. Invited review: Mastitis in dairy heifers: Nature of the disease, potential impact, prevention, and control. *Journal of Dairy Science*, 95(3): 1025–1040. <https://doi.org/10.3168/JDS.2010-4074>
- Dewar, W.A., Wight, P.A.L., Pearson, R.A. & Gentle, M.J.** 1983. Toxic effects of high concentrations of zinc oxide in the diet of the chick and laying hen. *British Poultry Science*, 24(3): 397–404. <https://doi.org/10.1080/00071668308416754>
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. & Patil, R.T.** 2012. Dietary fibre in foods: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3): 255–266. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>
- Dibner, J.J. & Buttin, P.** 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(4): 453–463. <https://doi.org/10.1093/japr/11.4.453>
- Dirkzwager, A., Elbers, A.R.W., van der Aar, P.J. & Vos, J.H.** 1998. Effect of particle size and addition of sunflower hulls to diets on the occurrence of oesophagogastric lesions and performance in growing-finishing pigs. *Livestock Production Science*, 56(1): 53–60. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00143-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00143-2)
- Dove, C.R.** 1995. The effect of copper level on nutrient utilization of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 73(1): 166–171.
- Drackley, J.K.** 2008. Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1): 55–86. <https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2008.01.001>
- Drew, M.D., Syed, N.A., Goldade, B.G., Laarveld, B. & Van Kessel, A.G.** 2004. Effects of dietary protein source and level on intestinal populations of *Clostridium perfringens* in broiler chickens. *Poultry Science*, 83(3): 414–420. <https://doi.org/10.1093/ps/83.3.414>

- Duerkop, B.A., Vaishnav, S. & Hooper, L. V.** 2009. Immune responses to the microbiota at the intestinal mucosal surface. *Immunity*, 31(3): 368–376. <https://doi.org/10.1016/J.IMMUNI.2009.08.009>
- Duffield, T.F., Sandals, D., Leslie, K.E., Lissemore, K., McBride, B.W., Lumsden, J.H., Dick, P. & Bagg, R.** 1998. Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81(11): 2866–2873. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(98\)75846-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(98)75846-1)
- Dunlop, M.W., McAuley, J., Blackall, P.J. & Stuetz, R.M.** 2016. Water activity of poultry litter: Relationship to moisture content during a grow-out. *Journal of Environmental Management*, 172: 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.036>
- Dziva, F. & Stevens, M.P.** 2008. Colibacillosis in poultry: Unravelling the molecular basis of virulence of avian pathogenic *Escherichia coli* in their natural hosts. *Avian Pathology*, 37(4): 355–366. <https://doi.org/10.1080/03079450802216652>
- Eastwood, M.A., Robertson, J.A., Brydon, W.G. & MacDonald, D.** 1983. Measurement of water-holding properties of fibre and their faecal bulking ability in man. *The British journal of nutrition*, 50(3): 539–547. <https://doi.org/10.1079/BJN19830125>
- Eeckhaut, V., van Immerseel, F., Croubels, S., De Baere, S., Haesebrouck, F., Ducatelle, R., Louis, P. & Vandamme, P.** 2011. Butyrate production in phylogenetically diverse Firmicutes isolated from the chicken caecum. *Microbial Biotechnology*, 4(4): 503–512. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2010.00244.x>
- EFSA.** 2009. Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety. *EFSA Supporting Publications*, 6(9). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2009.EN-22>
- EFSA.** 2010. Pre-assessment of environmental impact of zinc and copper. *EFSA Supporting Publications*, 7(9). <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2010.EN-74>
- Enríquez, D., Hötzel, M.J. & Ungerfeld, R.** 2011. Minimising the stress of weaning of beef calves: A review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53(1): 1–8. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-28>
- Erdman, R.A.** 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A review. *Journal of Dairy Science*, 71(12): 3246–3266. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79930-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79930-0)
- Erhard, M.H., Göbel, E., Lewan, B., Lösch, U. & Stangassinger, M.** 1997. Systemic availability of bovine immunoglobulin G and chicken immunoglobulin Y after feeding colostrum and whole egg powder to newborn calves. *Archiv für Tierernährung*, 50(4): 369–80. <https://doi.org/10.1080/17450399709386146>
- European Commission** 2006. Recommendation (576/2006) on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding. Official Journal of the European Union, 229:7-9
- Ezema, C.** 2013. Probiotics in animal production : A review. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 5(11): 308–316. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2013.0201>
- FAO & IFIF.** 2010. *Good practices for the feed industry – Implementing the Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding*. FAO Animal Production and Health Manual No. 9. Rome.
- FAO.** 2016. *Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation* by Yadav S. Bajagai, Athol V. Klieve, Peter J. Dart and Wayne L. Bryden. Editor Harinder P.S. Makkar. FAO Animal Production and Health Paper No. 179. Rome

- FAO and IFIF.** 2020. *Good practices for the feed sector – Implementing the Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding*. FAO Animal Production and Health Manual no. 24. Rome.
- FDA.** 2018. *2017 Summary report on antimicrobials sold or distributed for use in food-producing animals*. United States Food and Drug Administration, Center for Veterinary Medicine. Rockville, MD.
- FEEDAP & EFSA.** 2015. Scientific Opinion on the safety and efficacy of formic acid, ammonium formate and sodium formate as feed hygiene agents for all animal species. *EFSA Journal*, 13(5). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4113>
- FEFANA.** 2014. *Organic acids in animal nutrition*. Brussels, Belgium. (also available at http://fefana.org/wp-content/uploads/2017/08/2014_08_20-BOOKLET-OA.pdf)
- Ferguson, N.S., Gates, R.S., Taraba, J.L., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Ford, M.J. & Burnham, D.J.** 1998. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. *Poultry Science*, 77(10): 1481–1487. <https://doi.org/10.1093/ps/77.10.1481>
- Ferreira, A., Barbosa, F., Tokach, M. & Santos, M.** 2009. Spray dried plasma for pigs weaned at different ages. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 1(3): 231–235. <https://doi.org/10.2174/2212798410901030231>
- Feyera, T., Pedersen, F., Krogh, U., Foldager, L. & Theil, P.K.** 2018. Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *Journal of Animal Science*, 96(6): 2320–2331. <https://doi.org/10.1093/jas/sky141>
- Figueras, M.J. & Borrego, J.J.** 2010. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *International journal of environmental research and public health*, 7(12): 4179–202. <https://doi.org/10.3390/ijerph7124179>
- Fledderus, J., Bikker, P. & Kluess, J.W.** 2007. Increasing diet viscosity using carboxymethylcellulose in weaned piglets stimulates protein digestibility. *Livestock Science*, 109(1–3): 89–92. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.086>
- Flis, M., Sobotka, W. & Antoszkiewicz, Z.** 2017. Fiber substrates in the nutrition of weaned piglets – A review. *Annals of Animal Science*, 17(3): 627–643. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0077>
- Fraser, D., Patience, J.F., Phillips, P.A., & McLeese, J.M.** 1993. *Water for piglets and lactating sows: Quantity, quality, and quandaries*. In D. J. Cole, A., W. Haresign, and P. C. Garnsworthy, eds. *Recent Developments in Pig Nutrition 2*, pp 201–224.
- Frobose, H.L., Stephenson, E.W., Tokach, M.D., Derouchey, J.M., Woodworth, J.C., Dritz, S.S. & Goodband, R.D.** 2017. Effects of potential detoxifying agents on growth performance and deoxynivalenol (DON) urinary balance characteristics of nursery pigs fed DON-contaminated wheat. *Journal of Animal Science*, 95 (1): 327–337. <https://doi.org/10.2527/JAS.2016.0664>
- Funkhouser, L.J. & Bordenstein, S.R.** 2013. Mom knows best: The universality of maternal microbial transmission. *PLoS Biology*, 11(8): 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001631>
- Furness, J.B., Rivera, L.R., Cho, H.-J., Bravo, D.M. & Callaghan, B.** 2013. The gut as a sensory organ. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 10(12): 729–740. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2013.180>
- Gaggia, F., Mattarelli, P. & Biavati, B.** 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(SUPPL.): S15–S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>

- Gallois, M., Rothkötter, H.J., Bailey, M., Stokes, C.R. & Oswald, I.P.** 2009. Natural alternatives to in-feed antibiotics in pig production: can immunomodulators play a role? *Animal*, 3(12): 1644–1661. <https://doi.org/10.1017/S1751731109004236>
- Galvano, F., Piva, A., Ritieni, A. & Galvano, G.** 2001. Dietary strategies to counteract the effects of mycotoxins: A review. *Journal of Food Protection*, 64(1): 120–131. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.1.120>
- Gantois, I., Ducatelle, R., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Thompson, A., Hinton, J.C., Immerseel, F. Van & Hautefort, I.** 2006. Butyrate specifically down-regulates Salmonella pathogenicity Island 1 gene expression. *Society*, 72(1): 946–949. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.946>
- Garcia, M., Bradford, B.J. & Nagaraja, T.G.** 2017. Invited Review: Ruminant microbes, microbial products, and systemic inflammation. *The Professional Animal Scientist*, 33(6): 635–650. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01663>
- GD Animal Health.** 2018. *Reference values for livestock water quality* [online]. [Cited 3 August 2018]. <https://www.gddiergezondheid.nl/diergezondheid/management/drinkwater/referentiewaarden-veedrinkwaterkwaliteit>
- Gilbert, M.S., Ijssennagger, N., Kies, A.K. & van Mil, S.W.C.** 2018. Protein fermentation in the gut; implications for intestinal dysfunction in humans, pigs and poultry. *American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology*, 315(2): 159-170. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00319.2017>
- GMP+ International.** 2018. *Specific feed safety limits. GMP+ BA1* [online]. Rijswijk, the Netherlands. [Cited 11 January 2019]. <https://www.gmpplus.org/media/3436/gmpplus-ba1-en-20181213.pdf>
- Godden, S.** 2008. Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1): 19–39. <https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2007.10.005>
- Godden, S.M., Fetrow, J.P., Feirtag, J.M., Green, L.R. & Wells, S.J.** 2005. Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(9): 1547–1554. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1547>
- Goff, J.P.** 2008. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Veterinary Journal*, 176(1): 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.020>
- Gomes, F. & Henriques, M.** 2016. Control of bovine mastitis: Old and recent therapeutic approaches. *Current Microbiology*, 72(4): 377–382. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0958-8>
- Goodband, B., Tokach, M., Dritz, S., DeRouchey, J. & Woodworth, J.** 2014. Practical starter pig amino acid requirements in relation to immunity, gut health and growth performance. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-12>
- Gorka, P., Kowalski, Z.M., Pietrzak, P., Kotunia, A., Kiljanczyk, R., Flaga, J., Holst, J.J., Guilloteau, P. & Zabielski, R.** 2009. Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 60(s3): 47–53.
- Gracia, M.I., Sánchez, J., Millán, C., Casabuena, Ó., Vesseur, P., Martín, Á., García-Peña, F.J. & Medel, P.** 2016. Effect of feed form and whole grain feeding on gastrointestinal weight and the prevalence of *Campylobacter jejuni* in broilers orally infected. *PLoS ONE*, 11(8): e0160858 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160858>

- Grenier, B., Loureiro-Bracarense, A.P., Luciola, J., Pacheco, G.D., Cossalter, A.M., Moll, W.D., Schatzmayr, G. & Oswald, I.P.** 2011. Individual and combined effects of subclinical doses of deoxynivalenol and fumonisins in piglets. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55(5): 761-771. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201000402>
- Guban, J., Korver, D., Allison, G. & Tannock, G.** 2006. Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus salivarius*, and reduced bile salt. *Poultry science*, 85(12): 2186–2194. <http://ps.fass.org/content/85/12/2186.short>
- Guiloteau, P., Zabielski, R., David, J.C., Blum, J.W., Morisset, J.A., Biernat, M., Woliński, J., Laubitz, D. & Hamon, Y.** 2009. Sodium-butyrate as a growth promoter in milk replacer formula for young calves. *Journal of Dairy Science*, 92(3): 1038–1049. <https://doi.org/10.3168/JDS.2008-1213>
- Gülşen, N., Coşkun, B., Umucalilar, H.D., Inal, F. & Boydak, M.** 2002. Effect of lactose and dried whey supplementation on growth performance and histology of the immune system in broilers. *Archives of Animal Nutrition/Archiv fur Tierernahrung*, 56(2): 131–139. <https://doi.org/10.1080/00039420214186>
- Guo, X.Y. & Kim, I.H.** 2012. Impacts of limestone multi-particle size on production performance, egg shell quality, and egg quality in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(6): 839–844. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11468>
- Hahn, T.W., Lohakare, J.D., Lee, S.L., Moon, W.K. & Chae, B.J.** 2006. Effects of supplementation of β -glucans on growth performance, nutrient digestibility, and immunity in weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 84(6): 1422–1428. <https://doi.org/10.2527/2006.8461422x>
- Hajati, H. & Rezaei, M.** 2010. The application of prebiotics in poultry production. *International Journal of Poultry Science*, 9(3): 298–304. <https://doi.org/10.3923/ijps.2010.298.304>
- Hamal, K.R., Burgess, S.C., Pevzner, I.Y. & Erf, G.F.** 2006. Maternal antibody transfer from dams to their egg yolks, egg whites, and chicks in meat lines of chickens. *Poultry Science*, 85(8): 1364–1372. <https://doi.org/10.1093/ps/85.8.1364>
- Hamdi, M., Solà-Oriol, D., Davin, R. & Perez, J.F.** 2015. Calcium sources and their interaction with the different levels of non-phytate phosphorus affect performance and bone mineralization in broiler chickens. *Poultry Science*, 94(9): 2136–2143. <https://doi.org/10.3382/ps/peu061>
- Hamer, H.M., Jonkers, D., Venema, K., Vanhoutvin, S., Troost, F.J. & Brummer, R.J.** 2008. Review article: The role of butyrate on colonic function. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 27(2): 104–119. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2007.03562.x>
- Hansen, C.F., Riis, A.L., Bresson, S., Højbjerg, O. & Jensen, B.B.** 2007. Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach. *Livestock Science*, 108(1–3): 206–209. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.059>
- Harada, E., Kiriya, H., Kobayashi, E. & Tsuchita, H.** 1988. Postnatal development of biliary and pancreatic exocrine secretion in piglets. *Comparative biochemistry and physiology. A, Comparative physiology*, 91(1): 43–51. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2461832>
- Hedemann, M.S., Mikkelsen, L.L., Naughton, P.J. & Jensen, B.B.** 2005. Effect of feed particle size and feed processing on morphological characteristics in the small and large intestine of pigs and on adhesion of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium DT12 in the ileum *in vitro*. *Journal of Animal Science*, 83(7): 1554–1562.

- Heo, J.M., Kim, J.C., Hansen, C.F., Mullan, B.P., Hampson, D.J. & Pluske, J.R.** 2008. Effects of feeding low protein diets to piglets on plasma urea nitrogen, faecal ammonia nitrogen, the incidence of diarrhoea and performance after weaning. *Archives of Animal Nutrition*, 62(5): 343–358. <https://doi.org/10.1080/17450390802327811>
- Heo, J.M., Kim, J.C., Hansen, C.F., Mullan, B.P., Hampson, D.J. & Pluske, J.R.** 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science*, 87(9): 2833–2843. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1274>
- Hernández, J., Benedito, J.L., Abuelo, A. & Castillo, C.** 2014. Ruminal acidosis in feedlot: From aetiology to prevention. *Scientific World Journal*, 2014: 702572 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1155/2014/702572>
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. & Schlotterbeck, R.L.** 2009. Effects of fat concentration of a high-protein milk replacer on calf performance. *Journal of Dairy Science*, 92(10): 5147–5153. <https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2245>
- Hill, T.M., Quigley, J.D., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. & Schlotterbeck, R.L.** 2016. Source of carbohydrate and metabolizable lysine and methionine in the diet of recently weaned dairy calves on digestion and growth. *Journal of Dairy Science*, 99(4): 2788–2796. <https://doi.org/10.3168/JDS.2015-10571>
- Hocking, P.** 2007. Optimum feed composition of broiler breeder diets to maximize progeny performance. Paper presented at 16th European Symposium on Poultry Nutrition, 26-30 August 2007, Strasbourg, France.
- Hofmann, A.F. & Eckmann, L.** 2006. How bile acids confer gut mucosal protection against bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(12): 4333–4334. <https://doi.org/10.1073/pnas.0600780103>
- Højberg, O., Canibe, N., Poulsen, H.D., Hedemann, S., Jensen, B.B. & Hedemann, M.S.** 2005. Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(5): 2267–2277. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.5.2267>
- Hopwood, D.E., Pethick, D.W., Pluske, J.R. & Hampson, D.J.** 2004. Addition of pearl barley to a rice-based diet for newly weaned piglets increases the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post-weaning colibacillosis. *British Journal of Nutrition*, 92(3): 419–427. <https://doi.org/10.1079/BJN20041206>
- Htoo, J.K., Araiza, B.A., Sauer, W.C., Rademacher, M., Zhang, Y., Cervantes, M. & Zijlstra, R.T.** 2007. Effect of dietary protein content on ileal amino acid digestibility, growth performance, and formation of microbial metabolites in ileal and cecal digesta of early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 85(12): 3303–3312. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0105>
- Huang, C., Song, P., Fan, P., Hou, C., Thacker, P. & Ma, X.** 2015. Dietary sodium butyrate decreases postweaning diarrhea by modulating intestinal permeability and changing the bacterial communities in weaned piglets. *The Journal of Nutrition*, 145(12): 2774–2780. <https://doi.org/10.3945/jn.115.217406>
- Huang, C.M. & Lee, T.T.** 2018. Immunomodulatory effects of phytochemicals in chickens and pigs - A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(5): 617–627. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0657>

- Huber, J.T., Natrajan, S. & Polan, C.E.** 1968. Varying levels of starch in calf milk replacers. *Journal of Dairy Science*, 51(7): 1081–1084. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(68\)87128-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(68)87128-0)
- Humer, E., Schwarz, C. & Schedle, K.** 2015. Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 99(4): 605–625. <https://doi.org/10.1111/jpn.12258>
- Humer, E., Petri, R.M., Aschenbach, J.R., Bradford, B.J., Penner, G.B., Tafaj, M., Südekum, K.-H. & Zebeli, Q.** 2017. Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(2): 872–888. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13191>
- Huyghebaert, G., Ducatelle, R. & Immerseel, F. Van.** 2011. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*, 187(2): 182–188. <https://doi.org/10.1016/J.TVJL.2010.03.003>
- Huzzey, J.M., Veira, D.M., Weary, D.M. & von Keyserlingk, M.A.G.** 2007. Parturition behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science*, 90(7): 3220–3233. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-807>
- Ibuki, M., Kovacs-Nolan, J., Fukui, K., Kanatani, H. & Mine, Y.** 2010. Analysis of gut immunomodulating activity of β -1,4-mannobiose using microarray and real-time reverse transcription polymerase chain reaction. *Poultry Science*, 89(9): 1894–1904. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00791>
- Ibuki, M., Kovacs-Nolan, J., Fukui, K., Kanatani, H. & Mine, Y.** 2011. β 1-4 mannobiose enhances Salmonella-killing activity and activates innate immune responses in chicken macrophages. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 139(2–4): 289–295. <https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2010.10.011>
- Ikemori, Y., Kuroki, M., Peralta, R.C., Yokoyama, H. & Kodama, Y.** 1992. Protection of neonatal calves against fatal enteric colibacillosis by administration of egg yolk powder from hens immunized with K99-piliated enterotoxigenic Escherichia coli. *American journal of veterinary research*, 53(11): 2005–2008.
- Ikemori, Y., Ohta, M., Umeda, K., Icatlo, F.C., Kuroki, M., Yokoyama, H. & Kodama, Y.** 1997. Passive protection of neonatal calves against bovine coronavirus-induced diarrhea by administration of egg yolk or colostrum antibody powder. *Veterinary Microbiology*, 58(2–4): 105–111. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(97\)00144-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(97)00144-2)
- Ingvarn, K.L. & Moyes, K.** 2013. Nutrition, immune function and health of dairy cattle. *Animal*, 7(s1): 112–122. <https://doi.org/10.1017/S175173111200170X>
- Iqbal, J. & Hussain, M.M.** 2009. Intestinal lipid absorption. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 296(6): E1183–E1194. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.90899.2008>
- Jacela, J.Y., Derouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Renter, G. & Dritz, S.S.** 2010. Feed additives for swine : Fact sheets – high dietary levels of copper and zinc for young pigs, and phytase. *Journal of Swine Health and Production*, 18(2): 87–91. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7068>
- Jang, Y.D., Kang, K.W., Piao, L.G., Jeong, T.S., Auclair, E., Jonvel, S., D’Inca, R. & Kim, Y.Y.** 2013. Effects of live yeast supplementation to gestation and lactation diets on reproductive performance, immunological parameters and milk composition in sows. *Livestock Science*, 152(2–3): 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.022>

- Jegade, A. V., Oduguwa, O.O., Bamgbose, A.M., Fanimo, A.O. & Nollet, L.** 2011. Growth response, blood characteristics and copper accumulation in organs of broilers fed on diets supplemented with organic and inorganic dietary copper sources. *British Poultry Science*, 52(1): 133–139. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.544714>
- Jha, R. & Berrocso, J.D.** 2015. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Animal*, 9(9): 1441–1452. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000919>
- Jiang, H., Wang, J., Che, L., Lin, Y., Fang, Z. & Wu, D.** 2013. Effects of calcium sources and levels on growth performance and calcium bioavailability in weaning piglets. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(4): 613–621. <https://doi.org/10.3923/ajava.2013.613.621>
- Jiang, Z., Wei, S., Wang, Z., Zhu, C., Hu, S., Zheng, C., Chen, Z., Hu, Y., Wang, L., Ma, X. & Yang, X.** 2015. Effects of different forms of yeast *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, intestinal development, and systemic immunity in early-weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1): 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0046-8>
- Jiménez-Moreno, E., de Coca-Sinova, A., González-Alvarado, J.M. & Mateos, G.G.** 2016. Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. *Poultry Science*, 95(1): 41–52. <https://doi.org/10.3382/ps/pev309>
- Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J.M., Lazaro, R. & Mateos, G.G.** 2009. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poultry Science*, 88(9): 1925–1933. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00193>
- Johansson, M.E.V. & Hansson, G.C.** 2016. Immunological aspects of intestinal mucus and mucins. *Nature Reviews Immunology*, 16(10): 639–649. <http://www.nature.com/articles/nri.2016.88>
- Johansson, M.E. V., Sjövall, H. & Hansson, G.C.** 2013. The gastrointestinal mucus system in health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 10(6): 352–361. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2013.35>
- Johnson, K.F., Chancellor, N., Burn, C.C. & Wathes, D.C.** 2017. Analysis of pre-weaning feeding policies and other risk factors influencing growth rates in calves on 11 commercial dairy farms. *Animal*, 12(7): 1413–1423. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003160>
- Jones, F.T.** 2011. A review of practical *Salmonella* control measures in animal feed. *The Journal of Applied Poultry Research*, 20(1): 102–113. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00281>
- Jones, J.M.** 2014. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the “fiber gap”. *Nutrition Journal*, 13(1): 1–10. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-34>
- Joyce, S.A., Shanahan, F., Hill, C. & Gahan, C.G.** 2014. Bacterial bile salt hydrolase in host metabolism: Potential for influencing gastrointestinal microbe-host crosstalk. *Gut Microbes*, 5(5): 669–674. <https://doi.org/10.4161/19490976.2014.969986>
- Jung, S.J., Houde, R., Baurhoo, B., Zhao, X. & Lee, B.H.** 2008. Effects of galacto-oligosaccharides and a *Bifidobacteria lactis*-based probiotic strain on the growth performance and fecal microflora of broiler chickens. *Poultry Science*, 87(9): 1694–1699. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00489>
- Jurgens, M.H., Rikabi, R.A. & Zimmerman, D.R.** 1997. The effect of dietary active dry yeast supplement on performance of sows during gestation-lactation and their pigs. *Journal of Animal Science*, 75(3): 593–597. <https://doi.org/10.2527/1997.753593x>

- Kalmendal, R.** 2012. *Fibrous feeds for functional fowls* [online]. Uppsala, Sweden. [Cited 4 August 2018] https://pub.epsilon.slu.se/9221/1/kalmendal_r_121107.pdf
- Kato, S.-I., Sato, K., Chida, H., Roh, S.-G., Ohwada, S., Sato, S., Guilloteau, P. & Katoh, K.** 2011. Effects of Na-butyrate supplementation in milk formula on plasma concentrations of GH and insulin, and on rumen papilla development in calves. *The Journal of Endocrinology*, 211(3): 241–248. <https://doi.org/10.1530/JOE-11-0299>
- Kegley, E.B., Spears, J.W. & Auman, S.K.** 2001. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 79(2): 413–419.
- Kellner, T.A. & Patience, J.F.** 2017. The digestible energy, metabolizable energy, and net energy content of dietary fat sources in thirteen- and fifty-kilogram pigs. *Journal of Animal Science*, 95(9): 3984. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1824>
- Kenny, M., Smidt, H., Mengheri, E. & Miller, B.** 2011. Probiotics-do they have a role in the pig industry? *Animal*, 5(3): 462–470. <https://doi.org/10.1017/S175173111000193X>
- Kers, J.G., Velkers, F.C., Fischer, E.A.J., Hermes, G.D.A., Stegeman, J.A. & Smidt, H.** 2018. Host and environmental factors affecting the intestinal microbiota in chickens. *Frontiers in microbiology*, 9:235 [online]. [Cited 2 August 2018]. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00235>
- Khan, S.H. & Iqbal, J.** 2016. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1): 359–369. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1079527>
- Kiarie, E., Romero, L.F. & Nyachoti, C.M.** 2013. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 26(1): 71–88. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000048>
- Kidd, M.T.** 2003. A treatise on chicken dam nutrition that impacts on progeny. *World's Poultry Science Journal*, 59(4): 475–494. <https://doi.org/10.1079/WPS20030030>
- Kim, Y.Y., Kil, D.Y., Oh, H.K. & Han, I.K.** 2005. Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(7): 1048–1060. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1048>
- Konstantinov, S.R., Awati, A.A., Williams, B.A., Miller, B.G., Jones, P., Stokes, C.R., Akkermans, A.D.L., Smidt, H. & de Vos, W.M.** 2006. Post-natal development of the porcine microbiota composition and activities. *Environmental Microbiology*, 8(7): 1191–1199. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2006.01009.x>
- Kovacs-Nolan, J., Kanatani, H., Nakamura, A., Ibuki, M. & Mine, Y.** 2013. B-1,4-mannobiose stimulates innate immune responses and induces TLR4-dependent activation of mouse macrophages but reduces severity of inflammation during endotoxemia in mice. *The Journal of Nutrition* *Nutritional Immunology*, 143: 384–391. <https://doi.org/10.3945/jn.112.167866>. manno oligosaccharides
- Krachler, A.M. & Orth, K.** 2013. Targeting the bacteria-host interface strategies in anti-adhesion therapy. *Virulence*, 4(4): 284–294. <https://doi.org/10.4161/viru.24606>
- Krause, K.M. & Oetzel, G.R.** 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3–4): 215–236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>
- Krishan, G. & Narang, A.** 2014. Use of essential oils in poultry nutrition: A new approach. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 1(4): 156–162. <https://doi.org/10.5455/javar.2014.a36>

- Kristensen, H.H. & Wathes, C.M.** 2000. Ammonia and poultry welfare: A review. *World's Poultry Science Journal*, 56(3): 235–245. <https://doi.org/10.1079/WPS20000018>
- Krogdahl, Å.** 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. *The Journal of Nutrition*, 115(5): 675–685. <https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675>
- Krömker, V. & Leimbach, S.** 2017. Mastitis treatment—Reduction in antibiotic usage in dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 52: 21–29. <http://doi.wiley.com/10.1111/rda.13032>
- Laitat, M., Vandenheede, M., Desiron, A., Canart, B. & Nicks, B.** 2004. Influence of diet form (pellets or meal) on the optimal number of weaned pigs per feeding space. *Journal of Swine Health and Production*, 12(6): 288–295.
- Lallés, J.P.** 1993. Nutritional and antinutritional aspects of soyabean and field pea proteins used in veal calf production: a review. *Livestock Production Science*, 34(3–4): 181–202. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90106-R](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90106-R)
- Lallés, J.P., Bosi, P., Smidt, H. & Stokes, C.R.** 2007. Weaning - A challenge to gut physiologists. *Livestock Science*, 108(1–3): 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.091>
- Lammers, A., Wieland, W.H., Kruijt, L., Jansma, A., Straetemans, T., Schots, A., den Hartog, G. & Parmentier, H.K.** 2010. Successive immunoglobulin and cytokine expression in the small intestine of juvenile chicken. *Developmental & Comparative Immunology*, 34(12): 1254–1262. <https://doi.org/10.1016/J.DCI.2010.07.001>
- Langendijk, P., Fleuren, M., van Hees, H. & van Kempen, T.** 2018. The course of parturition affects piglet condition at birth and survival and growth through the nursery phase. *Animals*, 8(5): 60 [online]. [5 August 2018]. <https://doi.org/10.3390/ani8050060>
- Langhout, D.J., Schutte, J.B., de Jong, J., Sloetjes, H., Verstegen, M.W. & Tamminga, S.** 2000. Effect of viscosity on digestion of nutrients in conventional and germ-free chicks. *The British Journal of Nutrition*, 83(5): 533–540. <https://doi.org/10.1017/S0007114500000672>
- Lawlor, P.G., Lynch, P.B., Caffrey, P.J., O'Reilly, J.J. & O'Connell, M.K.** 2005. Measurements of the acid-binding capacity of ingredients used in pig diets. *Irish Veterinary Journal*, 58(8): 447–452. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-58-8-447>
- Li, Q.Y.; Burrough, E.R.; Peng, X.; Dorman, K.S. & Patience, J.F.** 2018a. Impacts of dietary fiber on intestinal microbiota in ETEC challenged pigs. Paper presented at 14th International Symposium on Digestive Physiology of Pigs, 21–24 August 2018, Brisbane, Australia.
- Li, Q., Gabler, N.K., Loving, C.L., Gould, S.A. & Patience, J.F.** 2018b. A dietary carbohydrase blend improved intestinal barrier function and growth rate in weaned pigs fed higher fiber diets. *Journal of Animal Science*, 96(12): 5233–5243. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiy174/4956165>
- Li, M., Liang, P., Li, Z., Wang, Y., Zhang, G., Gao, H., Wen, S. & Tang, L.** 2015. Fecal microbiota transplantation and bacterial consortium transplantation have comparable effects on the re-establishment of mucosal barrier function in mice with intestinal dysbiosis. *Frontiers in Microbiology*, 6: 692 [online]. [Cited 8 August 2018]. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00692>
- Liao, S.F. & Nyachoti, M.** 2017. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Animal Nutrition*, 3(4): 331–343. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007>
- Lindberg, J.E.** 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1): 1–7. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>
- Liu, Y., Ipharraguerre, I.R. & Pettigrew, J.E.** 2013. Digestive physiology of the pig symposium: Potential applications of knowledge of gut chemosensing in pig production1. *Journal of Animal Science*, 91(5): 1982–1990. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6193>

- Liying, Z., Li, D., Qiao, S., Johnson, E.W., Li, B., Thacker, P.A. & Han, I.K.** 2003. Effects of stachyose on performance, diarrhoea incidence and intestinal bacteria in weanling pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 57(1): 1–10. <https://doi.org/10.1080/0003942031000086662>
- Loisel, F., Farmer, C., Ramaekers, P. & Quesnel, H.** 2013. Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *Journal of Animal Science*, 91(11): 5269–5279. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6526>
- Lu, D., Tiezzi, F., Schillebeeckx, C., McNulty, N.P., Schwab, C., Shull, C. & Maltecca, C.** 2018. Host contributes to longitudinal diversity of fecal microbiota in swine selected for lean growth. *Microbiome*, 6(1): 4 [online]. [Cited 3 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0384-1>
- Luchterhand, K.M., Silva, P.R.B., Chebel, R.C. & Endres, M.I.** 2016. Association between prepartum feeding behavior and periparturient health disorders in dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 3: 63 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00065>
- Lv, M., Yan, L., Wang, Z., An, S., Wu, M. & Lv, Z.** 2015. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Animal Nutrition*, 1(3): 252–256. <https://doi.org/10.1016/J.ANINU.2015.06.001>
- M'Sadeq, S.A., Wu, S., Swick, R.A. & Choct, M.** 2015. Towards the control of necrotic enteritis in broiler chickens with in-feed antibiotics phasing-out worldwide. *Animal Nutrition*, 1(1): 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.02.004>
- Mach, N., Berri, M., Estellé, J., Levenez, F., Lemonnier, G., Denis, C., Leplat, J.J., Chevaleyre, C., Billon, Y., Doré, J., Rogel-Gaillard, C. & Lepage, P.** 2015. Early-life establishment of the swine gut microbiome and impact on host phenotypes. *Environmental Microbiology Reports*, 7(3): 554–569. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12285>
- Maes, D., Papadopoulos, G., Cools, A. & Janssens, G.P.J.** 2010. Postpartum dysgalactia in sows: Pathophysiology and risk factors. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere - Nutztiere*, 38(1): 4–7.
- Maisonnier, S., Gomez, J., Brée, A., Berri, C., Baéza, E. & Carré, B.** 2003. Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestibility, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. *Poultry Science*, 82(5): 805–814. <https://doi.org/10.1093/ps/82.5.805>
- Makkink, C.A., Berntsen, P.J., op den Kamp, B.M., Kemp, B. & Verstegen, M.W.** 1994. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in newly weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 72(11): 2843–2850. <https://doi.org/10.2527/1994.72112843x>
- MARAN.** 2018. *Monitoring of antimicrobial resistance and antibiotic usage in animals in the Netherlands in 2017* [online]. The Netherlands. [2 August 2018]. https://www.wur.nl/upload_mm/7/b/0/5e568649-c674-420e-a2ca-acc8ca56f016_Maran_percent202018.pdf
- Martineau, G., Le Treut, Y., Guillou, D. & Waret-Szkuta, A.** 2013. Postpartum dysgalactia syndrome: A simple change in homeorhesis? *Journal of Swine Health and Production*, 21(2): 85–93.
- Mateos, G.G., Jimenez-Moreno, E., Serrano, M.P. & Lazaro, R.P.** 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21(1): 156–174. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>
- McCormack, U.M., Curião, T., Wilkinson, T., Metzler-Zebeli, B.U., Reyer, H., Ryan, T., Calderon-Diaz, J.A., Crispie, F., Cotter, P.D., Creevey, C.J., Gardiner, G.E. & Lawlor, P.G.** 2018. Fecal microbiota transplantation in gestating sows and neonatal offspring alters lifetime intestinal microbiota and growth in offspring. *mSystems*, 3(3): e00134-17 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00134-17>

- McDonald, D.E., Pethick, D.W., Mullan, B.P. & Hampson, D.J.** 2001. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs. *British Journal of Nutrition*, 86(4): 487-498. <https://doi.org/10.1079/BJN2001416>
- McLeese, J.M., Tremblay, M.L., Patience, J.F. & Christison, G.I.** 1992. Water intake patterns in the weanling pig: effect of water quality, antibiotics and probiotics. *Animal Science*, 54(1):135-142.
- Mentschel, J., Leiser, R., Mülling, C., Pfarrer, C. & Claus, R.** 2001. Butyric acid stimulates rumen mucosa development in the calf mainly by a reduction of apoptosis. *Archiv für Tierernaehrung*, 55(2): 85–102. <https://doi.org/10.1080/17450390109386185>
- Merle, R., Robanus, M., Hegger-Gravenhorst, C., Mollenhauer, Y., Hajek, P., Käsbohrer, A., Honscha, W. & Kreienbrock, L.** 2014. Feasibility study of veterinary antibiotic consumption in Germany - comparison of ADDs and UDDs by animal production type, antimicrobial class and indication. *BMC Veterinary Research*, 10: 7 [online]. [Cited 2 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-7>
- Min, L., Zheng, N., Zhao, S., Cheng, J., Yang, Y., Zhang, Y., Yang, H. & Wang, J.** 2016. Long-term heat stress induces the inflammatory response in dairy cows revealed by plasma proteome analysis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 471(2): 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.01.185>
- Molino, J.P., Donzele, J.L., de Oliveira, R.F.M., Ferreira, A.S., de Moraes, C.A., Haese, D., Saraiva, A. & de Oliveira, J.P.** 2011. Lactose levels in diets for piglets weaned at 21 days of age. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(6): 1233–1241. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000600011>
- Molist, F., Gómez de Segura, A., Pérez, J.F., Bhandari, S.K., Krause, D.O. & Nyachoti, C.M.** 2010. Effect of wheat bran on the health and performance of weaned pigs challenged with *Escherichia coli* K88+. *Livestock Science*, 133(1–3): 214–217. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2010.06.067>
- Molist, F., Manzanilla, E.G., Pérez, J.F. & Nyachoti, C.M.** 2012. Coarse, but not finely ground, dietary fibre increases intestinal Firmicutes:Bacteroidetes ratio and reduces diarrhoea induced by experimental infection in piglets. *British Journal of Nutrition*, 108(1): 9–15. <https://doi.org/10.1017/S0007114511005216>
- Moloney, R.D., Desbonnet, L., Clarke, G., Dinan, T.G. & Cryan, J.F.** 2014. The microbiome: stress, health and disease. *Mammalian Genome*, 25(1-2): 49-74. <https://doi.org/10.1007/s00335-013-9488-5>
- Montagne, L., Pluske, J.R. & Hampson, D.J.** 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108(1–4): 95–117. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9)
- Moon, S.H., Lee, I., Feng, X., Lee, H.Y., Kim, J. & Ahn, D.U.** 2016. Effect of dietary beta-glucan on the performance of broilers and the quality of broiler breast meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(3): 384–389. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0141>
- Morgan, N.K., Walk, C.L., Bedford, M.R. & Burton, E.J.** 2014. The effect of dietary calcium inclusion on broiler gastrointestinal pH: Quantification and method optimization. *Poultry Science*, 93(2): 354–363. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03305>

- Mroz, Z.** 2005. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. *Advances in Pork Production*, 16: 169–182.
- Mukherjee, S. & Hooper, L. V.** 2015. Antimicrobial defense of the intestine. *Immunity*, 42(1): 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2014.12.028>
- Mullins, C.R., Mamedova, L.K., Brouk, M.J., Moore, C.E., Green, H.B., Perfield, K.L., Smith, J.F., Harner, J.P. & Bradford, B.J.** 2012. Effects of monensin on metabolic parameters, feeding behavior, and productivity of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(3): 1323–1336. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4744>
- Murakami, A.E., Saleh, E.A., Watkins, S.E. & Waldrod, P.W.** 2000. Sodium source and level in broiler diets with and without high levels of animal protein. *The Journal of Applied Poultry Research*, 9(1): 53–61.
- Nagaraja, T.G. & Titgemeyer, E.C.** 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90: E17–E38. <https://doi.org/10.3168/JDS.2006-478>
- Niewold, T.A., Schroyen, M., Geens, M.M., Verhelst, R.S.B. & Courtin, C.M.** 2012. Dietary inclusion of arabinoxylan oligosaccharides (AXOS) down regulates mucosal responses to a bacterial challenge in a piglet model. *Journal of Functional Foods*, 4(3): 626–635. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2012.04.002>
- Nyachoti, C.M., Omogbenigun, F.O., Rademacher, M. & Blank, G.** 2006. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 84(1): 125–134. <https://doi.org/10.2527/jas.2006.841125x>
- O'Rourke, D.** 2009. Nutrition and udder health in dairy cows: A review. *Irish Veterinary Journal*, 62(4): 15–20. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-62-S4-S15>
- Oakley, B.B., Vasconcelos, E.J.R., Diniz, P.P.V.P., Calloway, K.N., Richardson, E., Meinersmann, R.J., Cox, N.A. & Berrang, M.E.** 2018. The cecal microbiome of commercial broiler chickens varies significantly by season. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.3382/ps/pey214>
- Oliver, W.T. & Wells, J.E.** 2015. Lysozyme as an alternative to growth promoting antibiotics in swine production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1): 1–7. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0034-z>
- Oliviero, C.** 2010. *Successful farrowing in sows* [online]. Helsinki, Finland. [Cited 5 August 2018]. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/18971>
- Oliviero, C., Kokkonen, T., Heinonen, M., Sankari, S. & Peltoniemi, O.** 2009. Feeding sows with high fibre diet around farrowing and early lactation: Impact on intestinal activity, energy balance related parameters and litter performance. *Research in Veterinary Science*, 86(2): 314–319. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.07.007>
- Olkowski, A.** 2009. *Livestock Water Quality - a field guide for cattle, horses, poultry, and swine*. Saskatchewan, Canada. 181 pp. (also available at http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/doc/terr/pdf/lwq_guide_e.pdf)
- Opapeju, F.O., Krause, D.O., Payne, R.L., Rademacher, M. & Nyachoti, C.M.** 2009. Effect of dietary protein level on growth performance, indicators of enteric health, and gastrointestinal microbial ecology of weaned pigs induced with postweaning colibacillosis. *Journal of Animal Science*, 87(8): 2635–2643. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1310>
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R., Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. & Gill, D.R.** 1998. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 76(1): 275–286.

- Oyofa, B.A., DeLoach, J.R., Corrier, D.E., Norman, J.O., Ziprin, R.L. & Mollenhauer, H.H.** 1989. Prevention of *Salmonella typhimurium* colonization of broilers with D-mannose. *Poultry Science*, 68(10): 1357–1360. <https://doi.org/10.3382/ps.0681357>
- Partanen, K.H. & Mroz, Z.** 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*, 12(1): 117-145. <https://doi.org/10.1079/095442299108728884>
- Paterson, R.R.M. & Lima, N.** 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*, 43(7): 1902–1914. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.010>
- Patience, J.F., Beaulieu, A.D. & Gillis, D.A.** 2004. The impact of ground water high in sulfates on the growth performance, nutrient utilization, and tissue mineral levels of pigs housed under commercial conditions. *Journal of Swine Health and Production*, 12(5): 228–236. <https://www.aasv.org/shap/issues/v12n5/v12n5p228.html>
- Patience, J.F., Myers, A.J., Ensley, S., Jacobs, B.M. & Madson, D.** 2014. Evaluation of two mycotoxin mitigation strategies in grow-finish swine diets containing corn dried distillers grains with solubles naturally contaminated with deoxynivalenol. *Journal of Animal Science*, 92(2): 620-626. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6238>
- Pérez-Bosque, A., Polo, J. & Torrallardona, D.** 2016. Spray dried plasma as an alternative to antibiotics in piglet feeds, mode of action and biosafety. *Porcine Health Management*, 2: 16 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0034-1>
- Petersen, C. & Round, J.L.** 2014. Defining dysbiosis and its influence on host immunity and disease. *Cellular Microbiology*, 16(7): 1024–1033. <https://doi.org/10.1111/cmi.12308>
- Pieper, R., Vahjen, W., Neumann, K., van Kessel, A.G. & Zentek, J.** 2012. Dose-dependent effects of dietary zinc oxide on bacterial communities and metabolic profiles in the ileum of weaned pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(5): 825–833. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01231.x>
- Pierce, K.M., Callan, J.J., McCarthy, P. & O'Doherty, J. V.** 2007. The interaction between lactose level and crude protein concentration on piglet post-weaning performance, nitrogen metabolism, selected faecal microbial populations and faecal volatile fatty acid concentrations. *Animal Feed Science and Technology*, 132(3–4): 267–282. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.02.010>
- Pierron, A., Alassane-Kpembi, I. & Oswald, I.P.** 2016. Impact of two mycotoxins deoxynivalenol and fumonisin on pig intestinal health. *Porcine Health Management*, 2: 21 [online]. [3 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0041-2>
- Pinotti, L., Ottoboni, M., Giromini, C., Dell'Orto, V. & Cheli, F.** 2016. Mycotoxin contamination in the EU feed supply chain: A focus on cereal byproducts. *Toxins*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/TOXINS8020045>
- Plaizier, J.C., Khafipour, E., Li, S., Gozho, G.N. & Krause, D.O.** 2012. Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2): 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.004>
- Plaizier, J.C., Krause, D.O., Gozho, G.N. & McBride, B.W.** 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Veterinary Journal*, 176(1): 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.016>
- Plavnik, I., Macovsky, B. & Sklan, D.** 2002. Effect of feeding whole wheat on performance of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 96(3–4): 229–236. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00321-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00321-2)

- Pluske, J.R., Durmic, Z., Pethick, D.W., Mullan, B.P. & Hampson, D.J.** 1998. Confirmation of the role of rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. *Journal of Nutrition*, 128(10): 1737–1744. <https://doi.org/10.1093/jn/128.10.1737>
- Pluske, J.R., Turpin, D.L. & Kim, J.-C.** 2018. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2): 187–196. <https://doi.org/10.1016/J.ANINU.2017.12.004>
- Poppy, G.D., Rabiee, A.R., Lean, I.J., Sanchez, W.K., Dorton, K.L. & Morley, P.S.** 2012. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(10): 6027–6041. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5577>
- Price, K.L., Lin, X., Heugten, E. van, Odle, R., Willis, G. & Odle, J.** 2013. Diet physical form, fatty acid chain length, and emulsification alter fat utilization and growth of newly weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 91(2): 783–792. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5307>
- Qaisrani, S.N., van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Verstegen, M.W.A. & Hendriks, W.H.** 2015. Dietary factors affecting hindgut protein fermentation in broilers: A review. *World's Poultry Science Journal*, 71(1): 139–160. <https://doi.org/10.1017/S0043933915000124>
- Qin, S. & Hou, D.-X.** 2017. The Biofunctions of Phytochemicals and Their Applications in Farm Animals: The Nrf2/Keap1 System as a Target. *Engineering*, 3(5): 738–752. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.011>
- Quesnel, H., Meunier-Salaün, M.-C., Hamard, A., Guillemet, R., Etienne, M., Farmer, C., Dourmad, J.-Y. & Pèrè, M.-C.** 2009. Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *Journal of Animal Science*, 87(2): 532–543. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1231>
- Quigley, J.D. & Drew, M.D.** 2000. Effects of oral antibiotics or bovine plasma on survival, health and growth in dairy calves challenged with *Escherichia coli*. *Food and Agricultural Immunology*, 12(4): 311–318. <https://doi.org/10.1080/09540100020008173>
- Quigley, J.D., Kost, C.J. & Wolfe, T.A.** 2002. Effects of spray-dried animal plasma in milk replacers or additives containing serum and oligosaccharides on growth and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 85(2): 413–421. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74089-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74089-7)
- Raboisson, D., Mounié, M. & Maigné, E.** 2014. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science*, 97(12): 7547–7563. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8237>
- Radostits, O. & Bell, O.** 1970. Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrients: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, 50(3): 405–452.
- Ramos, A.-J., Fink-Gremmels, J. & Hernández, E.** 1996. Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. *Journal of Food Protection*, 59(6): 631–641. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-59.6.631>
- Raven, A.M.** 1970. Fat in milk replacers for calves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 21(7): 352–359. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740210706>
- Rhoads, M.L., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Collier, R.J., Sanders, S.R., Weber, W.J., Crooker, B.A. & Baumgard, L.H.** 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 92(5): 1986–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>

- Ribeiro, V., Salguero, S.C., Vieira, R.A., Silva, L.M., Silva, D.L., Hannas, M.I., Albino, L.F.T. & Rostagno, H.S.** 2016. Crude protein levels in diets for laying hens. *Archivos de Zootecnia*, 65(250): 225–228.
- Ricke, S.C.** 2003. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Science*, 82(4): 632–639. <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.632>
- Roberts, S.A., Xin, H., Kerr, B.J., Russell, J.R. & Bregendahl, K.** 2007. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on nitrogen balance and egg production in laying hens. *Poultry Science*, 86(8): 1716–1725. <https://doi.org/86/8/1716>
- Robinson, P.H. & Erasmus, L.J.** 2009. Effects of analyzable diet components on responses of lactating dairy cows to *Saccharomyces cerevisiae* based yeast products: A systematic review of the literature. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3–4): 185–198. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.10.003>
- Rochfort, S., Parker, A.J. & Dunshea, F.R.** 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, 69(2): 299–322. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.08.017>
- Rooke, J.A. & Bland, I.M.** 2002. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livestock Production Science*, 78(1): 13–23. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00182-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00182-3)
- Rop, O., Mlcek, J. & Jurikova, T.** 2009. Beta-glucans in higher fungi and their health effects. *Nutrition Reviews*, 67(11): 624–631. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00230.x>
- Round, J.L. & Mazmanian, S.K.** 2009. The gut microbiota shapes intestinal immune responses during health and disease. *Nature Reviews Immunology*, 9(5): 313–323. <https://doi.org/10.1038/nri2515>
- Rubinstein, E., Mark, Z., Haspel, J., Ben-Ari, G., Dreznik, Z., Mirelman, D. & Tadmor, A.** 1985. Antibacterial activity of the pancreatic fluid. *Gastroenterology*, 88(4): 927–932. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(85\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(85)80009-3)
- Saeed, S., Quintin, J., Kerstens, H.H.D., Rao, N.A., Aghajani-refah, A., Matarese, F., Cheng, S.C., Ratter, J., Berentsem, K., Van Der Ent, M.A., Sharifi, N., Janssens-Megens, E.M., ter Huurne, M., Mandoli, A., van Schaik, T., Ng, A., Burden, F., Downes, K., Frontini, M., Kumar, V., Giamarellos-Bourboulis, E.J., Ouwehand, W.H., van der Meer, J.W.M., Joosten, L.A.B., Wijmenga, C., Martens, J.H.A., Xavier, R.J., Logie, C., Netea, M.G. & Stunnenberg, H.G.** 2014. Epigenetic programming of monocyte-to-macrophage differentiation and trained innate immunity. *Science*, 345(6204): 1251086 [online]. [Cited 5 August 2018]. <https://doi.org/10.1126/science.1251086>
- Safaa, H.M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D.G., Frikha, M., Serrano, M.P. & Mateos, G.G.** 2009. Effect of main cereal of the diet and particle size of the cereal on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in early phase of production. *Poultry Science*, 88(3): 608–614. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00328>
- Samanta, A.K., Jayapal, N., Senani, S., Kolte, A.P. & Sridhar, M.** 2013. Prebiotic inulin: Useful dietary adjuncts to manipulate the livestock gut microflora. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44(1): 1–14. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013005000023>
- Samanta, B., Biswas, A. & Ghosh, P.R.** 2011. Effects of dietary copper supplementation on production performance and plasma biochemical parameters in broiler chickens. *British Poultry Science*, 52(5): 573–577. <https://doi.org/10.1080/00071668.2011.608649>
- Samuelson, D.R., Welsh, D.A. & Shellito, J.E.** 2015. Regulation of lung immunity and host defense by the intestinal microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1085 [online]. [Cited 2 August 2018]. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01085>

- Sander, E.G., Warner, R.G., Harrison, H.N. & Loosli, J.K.** 1959. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *Journal of Dairy Science*, 42(9): 1600–1605. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(59\)90772-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(59)90772-6)
- Sansonetti, P.J.** 2011. To be or not to be a pathogen: that is the mucosally relevant question. *Mucosal Immunology*, 4(1): 8–14. <https://doi.org/10.1038/mi.2010.77>
- Sargeant, H.R., McDowall, K.J., Miller, H.M. & Shaw, M.A.** 2010. Dietary zinc oxide affects the expression of genes associated with inflammation: Transcriptome analysis in piglets challenged with ETEC K88. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 137(1–2): 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2010.05.001>
- Schiavon, S. & Emmans, G.C.** 2000. A model to predict water intake of a pig growing in a known environment on a known diet. *The British Journal of Nutrition*, 84(6): 873–883. <https://doi.org/10.1017/S000711450000249X>
- Schiavon, S., Tagliapietra, F., Bailoni, L. & Bortolozzo, A.** 2004. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. *Italian Journal of Animal Science*, 3(4): 337–351. <https://doi.org/10.4081/ijas.2004.337>
- Schlink, A.C., Nguyen, M.L., Viljoen, G.J.** 2010. Water requirements for livestock production: a global perspective. *Revue scientifique et technique*, 29(3): 603–609.
- Schokker, D., Zhang, J., Zhang, L.L., Vastenhouw, S.A., Heilig, H.G.H.J., Smidt, H., Rebel, J.M.J. & Smits, M.A.** 2014. Early-life environmental variation affects intestinal microbiota and immune development in new-born piglets. *PLoS ONE*, 9(6): e100040 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100040>
- Schweer, W.P., Patience, J.F., Schwartz, K., Linhares, D., Rademacher, C., Allen, H.K., Loving, C.L., Ramirez, A. & Gabler, N.K.** 2017. 305 A review and evaluation of antibiotic alternatives in the literature. *Journal of Animal Science*, 95(2): 148–148. <https://doi.org/10.2527/asasmw.2017.305>
- Searle, L.E.J., Cooley, W.A., Jones, G., Nunez, A., Crudgington, B., Weyer, U., Dugdale, A.H., Tzortzis, G., Collins, J.W., Woodward, M.J. & La Ragione, R.M.** 2010. Purified galactooligosaccharide, derived from a mixture produced by the enzymic activity of *Bifidobacterium bifidum*, reduces *Salmonella enterica* serovar Typhimurium adhesion and invasion *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Medical Microbiology*, 59(12): 1428–1439. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.022780-0>
- Sharma, N.; Singh, K. and Bhadwal, M.S.** 2011. Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(3): 429–438. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10233>
- Shelton, N.W., Tokach, M.D., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Dritz, S.S., Derouchey, J.M. & Hill, G.M.** 2011. Effects of copper sulfate, tri-basic copper chloride, and zinc oxide on weanling pig performance. *Journal of Animal Science*, 89(8): 2440–2451. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3432>
- Shurson, G.C.** 2018. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal Feed Science and Technology*, 235: 60–76. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010>
- Shurson, G.C., Ku, P.K., Waxler, G.L., Yokoyama, M.T. & Miller, E.R.** 1990. Physiological relationships between microbiological status and dietary copper levels in the pig. *Journal of Animal Science*, 68(4): 1061–1071. <https://doi.org/10.2527/1990.6841061x>

- Simon, K.** 2016. *Effects of early life conditions on immunity in broilers and layers* [online]. Wageningen, the Netherlands. [Cited 2 August 2018]. <http://edepot.wur.nl/371200>
- Sklan, D., Smirnov, A. & Plavnik, I.** 2003. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. *British Poultry Science*, 44(5): 735–740. <https://doi.org/10.1080/00071660310001643750>
- Skrivanova, E., Marounek, M., Benda, V. & Brezina, P.** 2006. Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Veterinarni Medicina*, 51(3): 81–88.
- Slamova, R., Trckova, M., Vondruskova, H., Zraly, Z. & Pavlik, I.** 2011. Clay minerals in animal nutrition. *Applied Clay Science*, 51(4): 395–398. <https://doi.org/10.1016/J.CLAY.2011.01.005>
- Smits, C.H.M., Moughan, P.J. & Beynen, A.C.** 2000. The inhibitory effect of a highly viscous carboxymethylcellulose on dietary fat digestibility in the growing chicken is dependent on the type of fat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 83(4–5): 231–238. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2000.00270.x>
- Smits, C.H.M., Veldman, A., Verkade, H.J. & Beynen, A.C.** 1998. The inhibitory effect of carboxymethylcellulose with high viscosity on lipid absorption in broiler chickens coincides with reduced bile salt concentration and raised microbial numbers in the small intestine. *Poultry Science*, 77(10): 1534–1539. <https://doi.org/10.1093/ps/77.10.1534>
- Smits, C.H., Veldman, A., Verstegen, M.W. & Beynen, A.C.** 1997. Dietary carboxymethylcellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. *The Journal of Nutrition*, 127(3): 483–487. <https://doi.org/10.1093/jn/127.3.483>
- Sneeringer, S., MacDonald, J., Key, N., McBride, W. & Mathews, and K.** 2015. *Economics of antibiotic use in U.S. livestock production* [online]. United States. [Cited 30 July 2018]. <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/229202/2/err200.pdf>
- Spears, J.W. & Weiss, W.P.** 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176(1): 70–76. <https://doi.org/10.1016/J.TVJL.2007.12.015>
- Spreeuwenberg, M.A., Verdonk, J.M., Gaskins, H.R. & Verstegen, M.W.** 2001. Small intestine epithelial barrier function is compromised in pigs with low feed intake at weaning. *The Journal of Nutrition*, 131(5): 1520–7. <https://doi.org/10.1093/jn/131.5.1520>
- Stanley, D., Geier, M.S., Denman, S.E., Haring, V.R., Crowley, T.M., Hughes, R.J. & Moore, R.J.** 2013a. Identification of chicken intestinal microbiota correlated with the efficiency of energy extraction from feed. *Veterinary Microbiology*, 164(1–2): 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.030>
- Stanley, D., Geier, M.S., Hughes, R.J., Denman, S.E. & Moore, R.J.** 2013b. Highly variable microbiota development in the chicken gastrointestinal tract. *PLoS ONE*, 8(12): e84290 [online]. [Cited 3 August 2018]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084290>
- Staples, C.R. & Lough, D.S.** 1989. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. *Animal Feed Science and Technology*, 23(4): 277–303. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90050-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90050-3)
- Starke, I.C., Pieper, R., Neumann, K., Zentek, J. & Vahjen, W.** 2013. Individual responses of mother sows to a probiotic *Enterococcus faecium* strain lead to different microbiota composition in their offspring. *Beneficial Microbes*, 4(4): 345–356. <https://doi.org/10.3920/BM2013.0021>

- Starke, I., Pieper, R., Vahjen, W. & Zentek, J.** 2014. The impact of dietary zinc oxide on the bacterial diversity of the small intestinal microbiota of weaned piglets. *Journal of Veterinary Science and Technology*, 5: 171 [online]. [Cited 5 August 2018] <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000171>
- Steele, M.A., AlZahal, O., Hook, S.E., Croom, J. & McBride, B.W.** 2009. Ruminal acidosis and the rapid onset of ruminal parakeratosis in a mature dairy cow: a case report. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 51: 39 [online]. [Cited 6 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-51-39>
- Steele, M.A., Penner, G.B., Chaucheyras-Durand, F. & Guan, L.L.** 2016. Development and physiology of the rumen and the lower gut: Targets for improving gut health. *Journal of Dairy Science*, 99(6): 4955–4966. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10351>
- Steenefeld, W., Hogeveen, H., Barkema, H.W., van den Broek, J. & Huirne, R.B.M.** 2008. The influence of cow factors on the incidence of clinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(4):1391-1402.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A. & Wheeler, T.T.** 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *Journal of Animal Science*, 87(13): 3-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18952725>
- Stephen, A.M. & Cummings, J.H.** 1979. Water-holding by dietary fibre *in vitro* and its relationship to faecal output in man. *Gut*, 20(8): 722–729. <https://doi.org/10.1136/gut.20.8.722>
- Stokes, C.R.** 2017. The development and role of microbial-host interactions in gut mucosal immune development. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8: 12 [online]. [6 August 2018] <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0138-0>
- Stokes, C.R., Bailey, M., Haverson, K., Harris, C., Jones, P., Inman, C., Pié, S., Oswald, I.P., Williams, B.A., Akkermans, A.D.L., Sowa, E., Rothkötter, H.-J. & Miller, B.G.** 2004. Postnatal development of intestinal immune system in piglets: implications for the process of weaning. *Animal Research*, 53(4): 325–334. <https://doi.org/10.1051/animres:2004020>
- Sun, T., Lærke, H.N., Jørgensen, H. & Knudsen, K.E.B.** 2006. The effect of extrusion cooking of different starch sources on the *in vitro* and *in vivo* digestibility in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 131(1–2): 67–86. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2006.02.009>
- Suryanarayana, M.V.A.N., Suresh, J. & Rajasekhar, M. V.** 2012. Organic acids in swine feeding - A Review. *Agricultural Science Research Journals*, 2(9): 523–533. <http://www.resjournals.com/ARJ>
- Svihus, B.** 2014. Function of the digestive system. *The Journal of Applied Poultry Research*, 23(2): 306–314. <https://doi.org/10.3382/japr.2014-00937>
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Krawczyk, J., Puchała, M. & Józefiak, D.** 2013. Effects of selected feed additives on the performance of laying hens given a diet rich in maize dried distiller's grains with solubles (DDGS). *British Poultry Science*, 54(4): 478–485. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.797563>
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Krawczyk, J., Puchała, M. & Józefiak, D.** 2015. Effects on performance and eggshell quality of particle size of calcium sources in laying hens' diets with different Ca concentrations. *Archiv Tierzucht*, 58(2): 301–307. <https://doi.org/10.5194/aab-58-301-2015>
- Takiishi, T., Fenero, C.I.M. & Câmara, N.O.S.** 2017. Intestinal barrier and gut microbiota: Shaping our immune responses throughout life. *Tissue Barriers*, 5(4): e1373208 [online]. [Cited 2 August 2018]. <https://doi.org/10.1080/21688370.2017.1373208>

- Tancharoerat, P., Ravindran, V., Zaefarian, F. & Ravindran, G.** 2014. Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Poultry Science*, 93(2): 371–379. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03344>
- Tang, K.L., Caffrey, N.P., Nóbrega, D.B., Cork, S.C., Ronksley, P.E., Barkema, H.W., Polachek, A.J., Ganshorn, H., Sharma, N., Kellner, J.D. & Ghali, W.A.** 2017. Restricting the use of antibiotics in food-producing animals and its associations with antibiotic resistance in food-producing animals and human beings: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, 1(8): e316–e327 [online]. [2 August 2018]. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30141-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30141-9)
- Teirlynck, E., Gussem, M.D.E., Dewulf, J., Haesebrouck, F., Ducatelle, R. & van Immerseel, F.** 2011. Morphometric evaluation of “dysbacteriosis” in broilers. *Avian Pathology*, 40(2): 139–144. <https://doi.org/10.1080/03079457.2010.543414>
- Tellez, G., Dean, C.E., Corrier, D.E., Deloach, J.R., Jaeger, L. & Hargis, B.M.** 1993. Effect of dietary lactose on cecal morphology, pH, organic acids, and *Salmonella enteritidis* organ invasion in Leghorn chicks. *Poultry Science*, 72(4): 636–642. <https://doi.org/10.3382/ps.0720636>
- Thacker, P.A.** 2013. Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4: 35 [online]. [Cited 5 August 2018]. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-35>
- Timmerman, H.M., Mulder, L., Everts, H., van Espen, D.C., van der Wal, E., Klaassen, G., Rouwers, S.M.G., Hartemink, R., Rombouts, F.M. & Beynen, A.C.** 2005. Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *Journal of Dairy Science*, 88(6): 2154–2165. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72891-5](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72891-5)
- Todd, C.G., Leslie, K.E., Millman, S.T., Bielmann, V., Anderson, N.G., Sargeant, J.M. & DeVries, T.J.** 2017. Clinical trial on the effects of a free-access acidified milk replacer feeding programme on the health and growth of dairy replacement heifers and veal calves. *Journal of Dairy Science*, 100(1): 713–725. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11401>
- Torok, V.A., Allison, G.E., Percy, N.J., Ophel-Keller, K. & Hughes, R.J.** 2011. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(10): 3380–3390. <https://doi.org/10.1128/AEM.02300-10>
- Torok, V.A., Dyson, C., McKay, A. & Ophel-Keller, K.** 2013. Quantitative molecular assays for evaluating changes in broiler gut microbiota linked with diet and performance. *Animal Production Science*, 53(12): 1260–1268. <https://doi.org/10.1071/AN12272>
- Torrallardona, D.** 2010. Spray dried animal plasma as an alternative to antibiotics in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 23(1): 131–148. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.70630>
- Torrallardona, D. & Polo, J.** 2016. Effect of spray-dried porcine plasma protein and egg antibodies in diets for weaned pigs under environmental challenge conditions. *Journal of Swine Health and Production*, 24(1): 21–28.
- Toullec, R., Lallès, J.P. & Bouchez, P.** 1994. Replacement of skim milk with soya bean protein concentrates and whey in milk replacers for veal calves. *Animal Feed Science and Technology*, 50(1–2): 101–112. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90012-4)
- Tzianabos, A.O.** 2000. Polysaccharide immunomodulators as therapeutic agents: Structural aspects and biologic function. *Clinical Microbiology Reviews*, 13(4): 523–533. <https://doi.org/10.1128/CMR.13.4.523-533.2000>

- Uni, Z. & Ferket, R.P.** 2004. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal*, 60(1): 101–111. <https://doi.org/10.1079/WPS20038>
- Upadhyay, A., Upadhyaya, I., Kollanoor-Johny, A. & Venkitanarayanan, K.** 2014. Combating pathogenic microorganisms using plant-derived antimicrobials : A minireview of the mechanistic basis. *Biomed Research International*, 2014: 761741 [online]. [Cited 5 August 2018]. <https://doi.org/10.1155/2014/761741.CITATIONS>
- Uyeno, Y., Shigemori, S. & Shimosato, T.** 2015. Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes and Environments*, 30(2): 126–132. <https://doi.org/10.1264/jsm2.ME14176>
- van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A. & Laxminarayan, R.** 2015. Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(18): 5649–5654. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112>
- van der Hoeven-Hangoor, E., van der Vossen, J.M.B.M., Schuren, F.H.J., Verstegen, M.W.A., de Oliveira, J.E., Montijn, R.C. & Hendriks, W.H.** 2013. Ileal microbiota composition of broilers fed various commercial diet compositions. *Poultry Science*, 92(10): 2713–2723. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03017>
- van der Wolf, P.J., van Schie, F.W., Elbers, A.R.W., Engel, B., van der Heijden, H.M.J.F., Hunneman, W.A. & Tielen, M.J.M.** 2001. Epidemiology: Administration of acidified drinking water to finishing pigs in order to prevent *salmonella* infections. *Veterinary Quarterly*, 23(3): 121–125. <https://doi.org/10.1080/01652176.2001.9695097>
- van Dijk, A.J., Niewold, T.A., Margry, R.J.C.F., Van Den Hoven, S.G.C., Nabuurs, M.J.A., Stockhofe-Zurwieden, N. & Beynen, A.C.** 2001. Small intestinal morphology in weaned piglets fed a diet containing spray-dried porcine plasma. *Research in Veterinary Science*, 71(1): 17–22. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2001.0478>
- van Immerseel, F., Russell, J.B., Flythe, M.D., Gantois, I., Timbermont, L., Pasmans, F., Haesebrouck, F. & Ducatelle, R.** 2006. The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathology*, 35(3): 182–188. <https://doi.org/10.1080/03079450600711045>
- van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Reuvekamp, B.F.J., van der Peet-Schwering, C.M.C., den Hartog, L.A. & Verstegen, M.W.A.** 2005. Impact of feeding management on feather pecking in laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 61(4): 663–686. <https://doi.org/10.1079/WPS200478>
- van Rennings, L., von Münchhausen, C., Otilie, H., Hartman, M., Merle, R., Honscha, W., Käsbohrer, A. & Kreienbrock, L.** 2015. Cross-sectional study on antibiotic usage in pigs in Germany. *PLoS ONE*, 10(3): e0119114 [online]. [Cited 17 June 2019]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119114>
- Vahjen, W., Pieper, R. & Zentek, J.** 2010. Bar-coded pyrosequencing of 16S rRNA gene amplicons reveals changes in ileal porcine bacterial communities due to high dietary zinc intake. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(19): 6689–6691. <https://doi.org/10.1128/AEM.03075-09>
- Vancamelbeke, M. & Vermeire, S.** 2017. The intestinal barrier: a fundamental role in health and disease. *Expert Review of Gastroenterology & Hepatology*, 11(9): 821–834. <https://doi.org/10.1080/17474124.2017.1343143>

- Vanderhaeghe, C., Dewulf, J., De Vliegher, S., Papadopoulos, G.A., de Kruif, A. & Maes, D.** 2010. Longitudinal field study to assess sow level risk factors associated with stillborn piglets. *Animal Reproduction Science*, 120(1–4): 78–83. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2010.02.010>
- Vega, C., Bok, M., Chacana, P., Saif, L., Fernandez, F. & Parreño, V.** 2011. Egg yolk IgY: Protection against rotavirus induced diarrhea and modulatory effect on the systemic and mucosal antibody responses in newborn calves. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 142(3–4): 156–169. <https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2011.05.003>
- Verdonk, J.M.A.J., Shim, S.B., van Leeuwen, P. & Verstegen, M.W.A.** 2005. Application of inulin-type fructans in animal feed and pet food. *British Journal of Nutrition*, 93(S1): S125–S138. <https://doi.org/10.1079/BJN20041355>
- Visscher, C.F., Winter, P., Verspohl, J., Stratmann-Selke, J., Upmann, M., Beyerbach, M. & Kamphues, J.** 2009. Effects of feed particle size at dietary presence of added organic acids on caecal parameters and the prevalence of Salmonella in fattening pigs on farm and at slaughter. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93(4): 423–430. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00821.x>
- Vondruskova, H., Slamova, R., Trckova, M., Zraly, Z. & Pavlik, I.** 2010. Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: A review. *Veterinarni Medicina*, 55(5): 199–224. <https://doi.org/10.17221/2998-VETMED>
- Vukmirović, Čolović, R., Rakita, S., Brlek, T., Đuragić, O. & Solà-Oriol, D.** 2017. Importance of feed structure (particle size) and feed form (mash vs. pellets) in pig nutrition – A review. *Animal Feed Science and Technology*, 233: 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.06.016>
- Wales, A. & Davies, R.** 2015. Co-selection of resistance to antibiotics, biocides and heavy metals, and its relevance to foodborne pathogens. *Antibiotics*, 4(4): 567–604. <https://doi.org/10.3390/antibiotics4040567>
- Wales, A.D., Allen, V.M. & Davies, R.H.** 2010. Chemical treatment of animal feed and water for the control of Salmonella. *Foodborne Pathogens and Disease*, 7(1): 3–15. <https://doi.org/10.1089/fpd.2009.0373>
- Walk, C.L., Addo-Chidie, E.K., Bedford, M.R. & Adeola, O.** 2012. Evaluation of a highly soluble calcium source and phytase in the diets of broiler chickens. *Poultry Science*, 91(9): 2255–2263. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02224>
- Walk, C.L., Kühn, I., Stein, H.H., Kidd, M.T. & Rodehutscord, M., eds.** 2016. *Phytate destruction - consequences for precision animal nutrition*. Wageningen, The Netherlands. 266 pp. (also available at <https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-836-0>).
- Watkins, S.** 2015. Optimizing water quality for organic bird production. Paper presented at the Midwest Poultry Federation Convention, 17-19 March 2015, Saint Paul, Minnesota.
- Weaver, D.M., Tyler, J.W., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E. & Barrington, G.M.** 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6): 569–577. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11110376>
- Wellock, I.J., Fortomaris, P.D., Houdijk, J.G.M. & Kyriazakis, I.** 2006. The effect of dietary protein supply on the performance and risk of post-weaning enteric disorders in newly weaned pigs. *Animal Science*, 82(3): 327–335. <https://doi.org/10.1079/ASC200643>

- WHO.** 2017a. *Guidelines on use of medically important antimicrobials in food - producing animals* [online]. Geneva. [Cited 30 July 2018]. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258970/9789241550130-eng.pdf;jsessionid=20765A3F28517C612028E9B85B000874?sequence=1>
- WHO.** 2017b. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum* [online]. Geneva. [Cited 3 August 2018]. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>
- WHO.** 2018. *A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality* [online]. Geneva. [Cited 3 August 2018]. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272345/9789241513760-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wilberts, B.L., Arruda, P.H., Kinyon, J.M., Frana, T.S., Wang, C., Magstadt, D.R., Madson, D.M., Patience, J.F. & Burrough, E.R.** 2014. Investigation of the Impact of Increased Dietary Insoluble Fiber through the Feeding of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) on the Incidence and Severity of Brachyspira-Associated Colitis in Pigs. *PLoS ONE*, 9(12): e114741 [online]. [1 October 2018]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114741>
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C. & Kroismayr, A.** 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14): E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
- Wondra, K.J., Hancock, J.D., Behnke, K.C., Hines, R.H. & Stark, C.R.** 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 73(3): 757–63. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7608008>
- Wu, H.-J. & Wu, E.** 2012. The role of gut microbiota in immune homeostasis and autoimmunity. *Gut Microbes*, 3(1): 4–14. <https://doi.org/10.4161/gmic.19320>
- Wu, X., Zhang, Y., Liu, Z., Li, T.J. & Yin, Y.L.** 2012. Effects of oral supplementation with glutamate or combination of glutamate and N-carbamylglutamate on intestinal mucosa morphology and epithelium cell proliferation in weanling piglets. *Journal of Animal Science*, 90(4): 337–339. <https://doi.org/10.2527/jas.53752>
- Xu, R.J., Sangild, P.T., Zhang, Y.Q. & Zhang, S.H.** 2002. Bioactive compounds in porcine colostrum and milk and their effects on intestinal development in neonatal pigs. *Biology of Growing Animals*, 1(C): 169–192. [https://doi.org/10.1016/S1877-1823\(09\)70121-3](https://doi.org/10.1016/S1877-1823(09)70121-3)
- Yan, C.L., Kim, H.S., Hong, J.S., Lee, J.H., Han, Y.G., Jin, Y.H., Son, S.W., Ha, S.H. & Kim, Y.Y.** 2017. Effect of dietary sugar beet pulp supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal microflora, blood profiles and diarrhea incidence in weaning pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, 59:18 [online]. [Cited 4 August 2018] <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0142-8>
- Yang, W., Wang, J., Liu, L., Zhu, X., Wang, X., Liu, Z., Wang, Z., Yang, L. & Liu, G.** 2011. Effect of high dietary copper on somatostatin and growth hormone-releasing hormone levels in the hypothalamus of growing pigs. *Biological Trace Element Research*, 143(2): 893–900. <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8904-x>
- Yang, X., Darko, K.O., Huang, Y., He, C., Yang, H., He, S., Li, J., Hocher, B. & Yin, Y.** 2017. Resistant starch regulates gut microbiota: Structure, biochemistry and cell signalling. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 42(1): 306–318. <https://doi.org/10.1159/000477386>

- Yasothai, R.** 2019. Storage losses in feed ingredients by insects and its control. *International Journal of Science, Environment and Technology* 8(1):44-49.
- Yegani, M. & Korver, D.R.** 2008. Factors affecting intestinal health in poultry. *Poultry Science*, 87(10): 2052–2063. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00091>
- Yosipovich, R., Aizenshtein, E., Shadmon, R., Krispel, S., Shuster, E. & Pitcovski, J.** 2015. Overcoming the susceptibility gap between maternal antibody disappearance and auto-antibody production. *Vaccine*, 33(3): 472–478. <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2014.10.043>
- Zduńczyk, Z. & Jankowski, J.** 2014. The effects of inclusion level and source of sodium in diets for growing turkeys. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23(1): 3–12. <https://doi.org/10.22358/jafs/65710/2014>
- Zentek, J., Buchheit-Renko, S., Ferrara, F., Vahjen, W., van Kessel, A.G. & Pieper, R.** 2011. Nutritional and physiological role of medium-chain triglycerides and medium-chain fatty acids in piglets. *Animal Health Research Reviews*, 12(1): 83–93. <https://doi.org/10.1017/S1466252311000089>
- Zentek, J., Ferrara, F., Pieper, R., Tedin, L., Meyer, W. & Vahjen, W.** 2013. Effects of dietary combinations of organic acids and medium chain fatty acids on the gastrointestinal microbial ecology and bacterial metabolites in the digestive tract of weaning piglets. *Journal of Animal Science*, 91(7): 3200–3210. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5673>
- Zhang, S., Piao, X., Ma, X., Xu, X., Zeng, Z., Tian, Q. & Li, Y.** 2015. Comparison of spray-dried egg and albumen powder with conventional animal protein sources as feed ingredients in diets fed to weaned pigs. *Animal Science Journal*, 86(8): 772–781. <https://doi.org/10.1111/asj.12359>

Глоссарий

Антибиотики – природные, полусинтетические или синтетические вещества с бактериоцидными (бактерицидными) или бактериостатическими свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*.

Антибиотический – обладающий бактериоцидными (бактерицидными) или бактериостатическими свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*.

Бактериостатический – способный подавлять размножение или репликацию организмов, принадлежащих к царствам Archeabacteria и Eubacteria.

Бактериоцидный – способный уничтожать или инактивировать организмы, принадлежащие к царствам Archeabacteria и Eubacteria.

Виростатический – способный подавлять репликацию вирусов.

Корм – любой материал или материалы, представляющие собой сырье или продукт полной или частичной обработки и предназначенные для непосредственного скармливания сельскохозяйственным животным.

Кормовая добавка – любой ингредиент, вне зависимости от его питательной ценности, который обычно не используется в качестве корма сам по себе, но при намеренном добавлении в корма для животных изменяет свойства кормов или продукции животного происхождения. В зависимости от предназначения и метода применения под настоящее определение могут подпадать микроорганизмы, ферменты, регуляторы кислотности, микроэлементы, витамины и другие средства.

Микроорганизмы – вирусы и одноклеточные организмы, принадлежащие к царствам Archaeobacteria, Chromista, Eubacteria, Protista и Fungi.

Микростатический/микробиостатический – способный подавлять размножение или репликацию микроорганизмов.

Микроцидный/микробиоцидный – способный уничтожать или инактивировать микроорганизмы.

Паразит – организм, жизнеспособность которого зависит от существования на поверхности или внутри организма-хозяина и питания за его счет.

Паразитический – относящийся к паразитам или обладающий характеристиками паразита.

Противовирусные препараты – природные, полусинтетические или синтетические вещества, обладающие виростатическим действием.

Противовирусный – обладающий виростатическим действием.

Противогрибковые препараты – природные, полусинтетические или синтетические вещества с фунгицидными или фунгистатическими свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*.

Противогрибковый – обладающий фунгистатическими или фунгицидными свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*.

Противомикробные препараты – природные, полусинтетические или синтетические вещества с микроцидными (микробиоцидными) или микростатическими (микробиостатическими) свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*.

Противомикробный – обладающий микроцидными (микробиоцидными) или микростатическими (микробиостатическими) свойствами в концентрациях, достигаемых *in vivo*.

Противопаразитарные препараты¹ – природные, полусинтетические или синтетические вещества, способные в достигаемых *in vivo* концентрациях уничтожить микро- и макропаразитов или подавлять их размножение.

Противопаразитарный – способный в достигаемых *in vivo* концентрациях уничтожить микро- и макропаразитов или подавлять их размножение.

Противопротозойные препараты – природные, полусинтетические или синтетические вещества, способные в достигаемых *in vivo* концентрациях уничтожить организмы, принадлежащих к подцарству Protozoa, или подавлять их размножение.

Противопротозойный – способный уничтожить организмы, принадлежащие к подцарству Protozoa, или подавлять их размножение.

Устойчивость к противомикробным препаратам – способность или состояние микроорганизмов, позволяющее им выживать и/или размножаться при таких концентрациях противомикробных препаратов, которые в иных условиях оказывают микробиоцидное или микробиостатическое действие на микроорганизмы тех же или аналогичных видов.

¹ Исключения: антигельминтные препараты, дезинфицирующие и антисептические средства. Примеры: бактериофаги, противопротозойные средства (кокцидиостатики, противомаларийные средства, препараты против *Toxoplasma spp.*, *Babesia spp.* и т. д.), а также металлы, используемые *in vivo* или *in planta*.

Устойчивый к противомикробным препаратам – фенотипическая характеристика микроорганизмов, позволяющая им выживать и/или размножаться при таких концентрациях противомикробных препаратов, которые в иных условиях оказывают микробицидное или микробиостатическое действие на микроорганизмы тех же или аналогичных видов.

Фунгистатический – способный подавлять размножение или репликацию организмов, принадлежащих к царству Fungi.

Фунгицидный – способный уничтожать или инактивировать организмы, принадлежащие к царству Fungi.

ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ФАО

ДОКУМЕНТЫ ФАО ПО ЖИВОТНОВОДСТВУ И ОХРАНЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ

- 1 Animal breeding: selected articles from the *World Animal Review*, 1977 (англ., исп., китайск., фр.)
- 2 Eradication of hog cholera and African swine fever, 1976 (англ., исп., фр.)
- 3 Insecticides and application equipment for tsetse control, 1977 (англ., фр.)
- 4 New feed resources, 1977 (англ./исп./фр.)
- 5 Bibliography of the criollo cattle of the Americas, 1977 (англ./исп.)
- 6 Mediterranean cattle and sheep in crossbreeding, 1977 (англ., фр.)
- 7 The environmental impact of tsetse control operations, 1977 (англ., фр.)
- 7 Rev.1 The environmental impact of tsetse control operations, 1980 (англ., фр.).
- 8 Declining breeds of Mediterranean sheep, 1978 (англ., фр.)
- 9 Slaughterhouse and slaughterslab design and construction, 1978 (англ., исп., фр.)
- 10 Treating straw for animal feeding, 1978 (англ., исп., китайск., фр.)
- 11 Packaging, storage and distribution of processed milk, 1978 (англ.)
- 12 Ruminant nutrition: selected articles from the *World Animal Review*, 1978 (англ., исп., китайск., фр.)
- 13 Buffalo reproduction and artificial insemination, 1979 (англ.)*
- 14 The African trypanosomiasis, 1979 (англ., фр.)
- 15 Establishment of dairy training centres, 1979 (англ.)
- 16 Open yard housing for young cattle, 1981 (англ., арабск., исп., фр.)
- 17 Prolific tropical sheep, 1980 (англ., исп., фр.)
- 18 Feed from animal wastes: state of knowledge, 1980 (англ., китайск.)
- 19 East Coast fever and related tick-borne diseases, 1980 (англ.)
- 20/1 Trypanotolerant livestock in West and Central Africa – Vol. 1. General study, 1980 (англ., фр.)
- 20/2 Trypanotolerant livestock in West and Central Africa – Vol. 2. Country studies, 1980 (англ., фр.)
- 20/3 Le bétail trypanotolérant en Afrique occidentale et centrale – Vol. 3. Bilan d'une décennie, 1988 (фр.)
- 21 Guideline for dairy accounting, 1980 (англ.)
- 22 Recursos genéticos animales en América Latina, 1981 (исп.)
- 23 Disease control in semen and embryos, 1981 (англ., исп., китайск., фр.)
- 24 Animal genetic resources – conservation and management, 1981 (англ., китайск.)
- 25 Reproductive efficiency in cattle, 1982 (англ., исп., китайск., фр.)
- 26 Camels and camel milk, 1982 (англ.)
- 27 Deer farming, 1982 (англ.)
- 28 Feed from animal wastes: feeding manual, 1982 (англ., китайск.)
- 29 Echinococcosis/hydatidosis surveillance, prevention and control: FAO/UNEP/WHO guidelines, 1982 (англ.)
- 30 Sheep and goat breeds of India, 1982 (англ.)
- 31 Hormones in animal production, 1982 (англ.)
- 32 Crop residues and agro-industrial by-products in animal feeding, 1982 (англ./фр.)
- 33 Haemorrhagic septicaemia, 1982 (англ., фр.)
- 34 Breeding plans for ruminant livestock in the tropics, 1982 (англ., исп., фр.)
- 35 Off-tastes in raw and reconstituted milk, 1983 (англ., арабск., исп., фр.)
- 36 Ticks and tick-borne diseases: selected articles from the *World Animal Review*, 1983 (англ., исп., фр.)
- 37 African animal trypanosomiasis: selected articles from the *World Animal Review*, 1983 (англ., фр.)
- 38 Diagnosis and vaccination for the control of brucellosis in the Near East, 1982 (англ., арабск.)
- 39 Solar energy in small-scale milk collection and processing, 1983 (англ., фр.)
- 40 Intensive sheep production in the Near East, 1983 (англ., арабск.)
- 41 Integrating crops and livestock in West Africa, 1983 (англ., фр.)
- 42 Animal energy in agriculture in Africa and Asia, 1984 (англ./фр., исп.)
- 43 Olive by-products for animal feed, 1985 (англ., арабск., исп., фр.)
- 44/1 Animal genetic resources conservation by management, data banks and training, 1984 (англ.)
- 44/2 Animal genetic resources: cryogenic storage of germplasm and molecular engineering, 1984 (англ.)
- 45 Maintenance systems for the dairy plant, 1984 (англ.)
- 46 Livestock breeds of China, 1984 (англ., исп., фр.)
- 47 Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports, 1985 (фр.)

- 48 La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen, 1985 (фр.)
- 49 Manual for the slaughter of small ruminants in developing countries, 1985 (англ.)
- 50/1 Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines – 1. State of knowledge, 1985 (англ.)
- 50/2 Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines – 1. A practical manual for research workers, 1986 (англ.)
- 51 Dried salted meats: charque and carne-de-sol, 1985 (англ.)
- 52 Small-scale sausage production, 1985 (англ.)
- 53 Slaughterhouse cleaning and sanitation, 1985 (англ.)
- 54 Small ruminants in the Near East – Vol. I. Selected papers presented for the Expert Consultation on Small Ruminant Research and Development in the Near East (Tunis, 1985), 1987 (англ.)
- 55 Small ruminants in the Near East – Vol. II. Selected articles from *World Animal Review* 1972-1986, 1987 (англ., арабск.)
- 56 Sheep and goats in Pakistan, 1985 (англ.)
- 57 The Awassi sheep with special reference to the improved dairy type, 1985 (англ.)
- 58 Small ruminant production in the developing countries, 1986 (англ.)
- 59/1 Animal genetic resources data banks – 1. Computer systems study for regional data banks, 1986 (англ.)
- 59/2 Animal genetic resources data banks – 2. Descriptor lists for cattle, buffalo, pigs, sheep and goats, 1986 (англ., исп., фр.)
- 59/3 Animal genetic resources data banks – 3. Descriptor lists for poultry, 1986 (англ., исп., фр.)
- 60 Sheep and goats in Turkey, 1986 (англ.)
- 61 The Przewalski horse and restoration to its natural habitat in Mongolia, 1986 (англ.)
- 62 Milk and dairy products: production and processing costs, 1988 (англ., исп., фр.)
- 63 Proceedings of the FAO expert consultation on the substitution of imported concentrate feeds in animal production systems in developing countries, 1987 (англ., китайск.)
- 64 Poultry management and diseases in the Near East, 1987 (арабск.)
- 65 Animal genetic resources of the USSR, 1989 (англ.)
- 66 Animal genetic resources – strategies for improved use and conservation, 1987 (англ.)
- 67/1 Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa – Vol. I, 1987 (англ.)
- 67/2 Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa – Vol. II, 1987 (англ.)
- 68 Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics, 1987 (англ.)
- 69 Village milk processing, 1988 (англ., исп., фр.)
- 70 Sheep and goat meat production in the humid tropics of West Africa, 1989 (англ./фр.)
- 71 The development of village-based sheep production in West Africa, 1988 (англ., арабск., исп., фр.)
(Опубликовано в качестве учебного пособия для сотрудников служб по распространению знаний, M/S5840E.)
- 72 Sugarcane as feed, 1988 (англ./исп.)
- 73 Standard design for small-scale modular slaughterhouses, 1988 (англ.)
- 74 Small ruminants in the Near East – Vol. III. North Africa, 1989 (англ.)
- 75 The eradication of ticks, 1989 (англ./исп.)
- 76 Ex situ cryoconservation of genomes and genes of endangered cattle breeds by means of modern biotechnological methods, 1989 (англ.)
- 77 Training manual for embryo transfer in cattle, 1991 (англ.)
- 78 Milking, milk production hygiene and udder health, 1989 (англ.)
- 79 Manual of simple methods of meat preservation, 1990 (англ.)
- 80 Animal genetic resources – a global programme for sustainable development, 1990 (англ.)
- 81 Veterinary diagnostic bacteriology – a manual of laboratory procedures of selected diseases of livestock, 1990 (англ., фр.)
- 82 Reproduction in camels – a review, 1990 (англ.)
- 83 Training manual on artificial insemination in sheep and goats, 1991 (англ., фр.)
- 84 Training manual for embryo transfer in water buffaloes, 1991 (англ.)
- 85 The technology of traditional milk products in developing countries, 1990 (англ.)
- 86 Feeding dairy cows in the tropics, 1991 (англ.)
- 87 Manual for the production of anthrax and blackleg vaccines, 1991 (англ., фр.)
- 88 Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa, 1991 (англ.)

- 89 Manual for the production of Marek's disease, Gumboro disease and inactivated Newcastle disease vaccines, 1991 (англ., фр.)
- 90 Application of biotechnology to nutrition of animals in developing countries, 1991 (англ., фр.)
- 91 Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing, 1991 (англ., фр.)
- 92 Manual on meat cold store operation and management, 1991 (англ., исп.)
- 93 Utilization of renewable energy sources and energy-saving technologies by small-scale milk plants and collection centres, 1992 (англ.)
- 94 Proceedings of the FAO expert consultation on the genetic aspects of trypanotolerance, 1992 (англ.)
- 95 Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding, 1992 (англ.)
- 96 Distribution and impact of helminth diseases of livestock in developing countries, 1992 (англ.)
- 97 Construction and operation of medium-sized abattoirs in developing countries, 1992 (англ.)
- 98 Small-scale poultry processing, 1992 (англ., арабск.)
- 99 In situ conservation of livestock and poultry, 1992 (англ.)
- 100 Programme for the control of African animal trypanosomiasis and related development, 1992 (англ.)
- 101 Genetic improvement of hair sheep in the tropics, 1992 (англ.)
- 102 Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock, 1992 (англ.)
- 103 Improving sheep reproduction in the Near East, 1992 (арабск.)
- 104 The management of global animal genetic resources, 1992 (англ.)
- 105 Sustainable livestock production in the mountain agro-ecosystem of Nepal, 1992 (англ.)
- 106 Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia, 1993 (англ.)
- 107 Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries, 1993 (англ., фр.)
- 108 Evaluation of breeds and crosses of domestic animals, 1993 (англ.)
- 109 Bovine spongiform encephalopathy, 1993 (англ., арабск.)
- 110 L'amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest, 1993 (фр.)
- 111 La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical, 1993 (исп.)
- 112 Physiologie de la reproduction des bovins trypanotolérants, 1993 (фр.)
- 113 The technology of making cheese from camel milk (*Camelus dromedarius*), 2001 (англ., фр.)
- 114 Food losses due to non-infectious and production diseases in developing countries, 1993 (англ.)
- 115 Manuel de formation pratique pour la transplantation embryonnaire chez la brebis et la chèvre, 1993 (исп., фр.)
- 116 Quality control of veterinary vaccines in developing countries, 1993 (англ.)
- 117 L'hygiène dans l'industrie alimentaire, 1993 – Les produits et l'application de l'hygiène, 1993 (фр.)
- 118 Quality control testing of rinderpest cell culture vaccine, 1994 (англ.)
- 119 Manual on meat inspection for developing countries, 1994 (англ.)
- 120 Manual para la instalación del pequeño matadero modular de la FAO, 1994 (исп.)
- 121 A systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control, 1994 (англ./фр.)
- 122 El capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) – Estado actual de su producción, 1994 (исп.)
- 123 Edible by-products of slaughter animals, 1995 (англ., исп.)
- 124 L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers, 1995 (фр.)
- 125 Veterinary education, 1995 (англ.)
- 126 Tropical animal feeding – A manual for research workers, 1995 (англ.)
- 127 World livestock production systems – Current status, issues and trends, 1996 (англ.)
- 128 Quality control testing of contagious bovine pleuropneumonia live attenuated vaccine – Standard operating procedures, 1996 (англ., фр.)
- 129 The world without rinderpest, 1996 (англ.)
- 130 Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas, 1996 (исп.)
- 131 Les perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen, 1996 (фр.)
- 132 Feeding pigs in the tropics, 1997 (англ.)
- 133 Prevention and control of transboundary animal diseases, 1997 (англ.)
- 134 Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal, 1997 (исп.)
- 135 Roughage utilization in warm climates, 1997 (англ., фр.)
- 136 Proceedings of the first Internet Conference on Salivarian Trypanosomes, 1997 (англ.)
- 137 Developing national emergency prevention systems for transboundary animal diseases, 1997 (англ.)
- 138 Producción de cuyes (*Cavia porcellus*), 1997 (исп.)

- 139 Tree foliage in ruminant nutrition, 1997 (англ.)
- 140/1 Analisis de sistemas de producción animal – Tomo 1: Las bases conceptuales, 1997 (исп.)
- 140/2 Analisis de sistemas de producción animal – Tomo 2: Las herramientas basicas, 1997 (исп.)
- 141 Biological control of gastro-intestinal nematodes of ruminants using predacious fungi, 1998 (англ.)
- 142 Village chicken production systems in rural Africa – Household food security and gender issues, 1998 (англ.)
- 143 Agroforestería para la producción animal en América Latina, 1999 (исп.)
- 144 Ostrich production systems, 1999 (англ.)
- 145 New technologies in the fight against transboundary animal diseases, 1999 (англ.)
- 146 El burro como animal de trabajo – Manual de capacitación, 2000 (исп.)
- 147 Mulberry for animal production, 2001 (англ.)
- 148 Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción, 2001 (исп.)
- 149 Animal production based on crop residues – Chinese experiences, 2001 (англ., китайск.)
- 150 Pastoralism in the new millennium, 2001 (англ.)
- 151 Livestock keeping in urban areas – A review of traditional technologies based on literature and field experiences, 2001 (англ.)
- 152 Mixed crop-livestock farming – A review of traditional technologies based on literature and field experiences, 2001 (англ.)
- 153 Improved animal health for poverty reduction and sustainable livelihoods, 2002 (англ.)
- 154 Goose production, 2002 (англ., фр.)
- 155 Agroforestería para la producción animal en América Latina – II, 2003 (исп.)
- 156 Guidelines for coordinated human and animal brucellosis surveillance, 2003 (англ.)
- 157 Resistencia a los antiparasitarios – Estado actual con énfasis en América Latina, 2003 (исп.)
- 158 Employment generation through small-scale dairy marketing and processing, 2003 (англ.)
- 159 Good practices in planning and management of integrated commercial poultry production in South Asia, 2003 (англ.)
- 160 Assessing quality and safety of animal feeds, 2004 (англ., китайск.)
- 161 FAO technology review: Newcastle disease, 2004 (англ.)
- 162 Uso de antimicrobianos en animales de consumo – Incidencia del desarrollo de resistencias en la salud pública, 2004 (исп.)
- 163 HIV infections and zoonoses, 2004 (англ., исп., фр.)
- 164 Feed supplementation blocks – Urea-molasses multinutrient blocks: simple and effective feed supplement technology for ruminant agriculture, 2007 (англ.)
- 165 Biosecurity for Highly Pathogenic Avian Influenza – Issues and options, 2008 (англ., арабск., вьет., фр.)
- 166 International trade in wild birds, and related bird movements, in Latin America and the Caribbean, 2009 (исп.^е, англ.^е)
- 167 Livestock keepers – guardians of biodiversity, 2009 (англ.)
- 168 Adding value to livestock diversity – Marketing to promote local breeds and improve livelihoods, 2010 (англ., исп., фр.)
- 169 Передовой опыт обеспечения биологической безопасности в свиноводстве – проблемные вопросы и возможности развивающихся стран и стран с переходной экономикой, 2010 (англ., исп.***, китайск., рус.***, фр.)
- 170 La salud pública veterinaria en situaciones de desastres naturales y provocados, 2010 (исп.)
- 171 Approaches to controlling, preventing and eliminating H5N1 HPAI in endemic countries, 2011 (англ., арабск.)
- 172 Crop residue based densified total mixed ration – A user-friendly approach to utilise food crop by-products for ruminant production, 2012 (англ.)
- 173 Balanced feeding for improving livestock productivity – Increase in milk production and nutrient use efficiency and decrease in methane emission, 2012 (англ.)
- 174 Invisible Guardians- Women manage livestock diversity, 2012 (англ.)
- 175 Enhancing animal welfare and farmer income through strategic animal feeding – Some case studies, 2013 (англ.)
- 176 Lessons from HPAI – A technical stocktaking of coutputs, outcomes, best practices and lessons learned from the fight against highly pathogenic avian influenza in Asia 2005–2011, 2013 (англ.)
- 177 Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO₂ emissions, 2013 (англ., исп.^е)

- 178 Африканская чума свиней в Российской Федерации (2007-2012), 2014 (рус.)
- 179 Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation, 2016 (англ.)
- 180 Control of Contagious Bovine Pleuropneumonia – A policy for coordinated actions, 2018 (англ., китайск.**)
- 181 Exposure of humans or animals to SARS-CoV-2 from wild, livestock, companion and aquatic animals. Qualitative exposure assessment, 2020 (англ.)
- 182 The economics of pastoralism in Argentina, Chad and Mongolia. Market participation and multiple livelihood strategies in a shock-prone environment, 2020 (англ.)
- 183 Introduction and Spread of lumpy skin disease in South, East and Southeast Asia. Qualitative Risk Assessment and Management, 2020 (англ.)
- 184 Стратегии кормления животных и пути сокращения использования противомикробных препаратов в животноводстве, 2022 (англ., рус.)
- 185 Pastoralism – Making variability work, 2021 (англ.)

Наличие: октябрь 2022 года

англ. – английский язык

арабск. – арабский язык

вьет. – вьетнамский язык

исп. – испанский язык

китайск. – китайский язык

порт. – португальский язык

рус. – русский язык

фр. – французский язык

многояз. – многоязычный

* Вышел из печати

** В работе

^e – электронная публикация

(англ., исп., фр.) = отдельные издания на английском, испанском и

французском языках (англ./фр./исп.) = трехязычное издание

Документы FAO по животноводству и охране здоровья животных можно приобрести через уполномоченных торговых агентов FAO или по адресу: Sales and Marketing Group, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

Устойчивость к противомикробным препаратам – растущая угроза мирового масштаба. В этой связи проводятся кампании по рациональному применению таких препаратов, принимаются меры политического характера по обеспечению их надлежащего использования в отношении людей, животных и растений. Ограничение использования противомикробных препаратов находится на повестке дня множества организаций и учреждений по всему миру. Производители выделяют ресурсы на осуществление различных мер, в частности, в сфере биозащиты, генетики, здравоохранения, управления фермерскими хозяйствами и питания, направленных на профилактику заболеваний и минимизацию применения противомикробных препаратов. Функциональное питание, направленное на укрепление здоровья животных – один из доступных способов снижения потребности в противомикробных препаратах в животноводстве. Питание влияет на важнейшие функции организма, необходимые для выработки иммунной защиты и устойчивости к болезням. Следовательно, стратегии кормления животных должны быть направлены на поддержку систем иммунной защиты и сокращение риска наличия в кормах и воде потенциально вредных веществ, например, микотоксинов, ингредиентов, ухудшающих пищевые свойства, патогенных бактерий и других микроорганизмов. Общие меры в области питания, укрепляющие здоровье желудочно-кишечного тракта, включают, например, избирательное применение определенных сочетаний кормовых добавок и ингредиентов для стабилизации кишечной микробиоты и поддержки функции мукозального барьера. Эти знания, будучи примененными для выработки передового опыта в сфере питания животных, могут способствовать осуществлению стратегий по снижению потребности в противомикробных препаратах и противодействию устойчивости к таким препаратам.

ISBN 978-92-5-136783-4



9 789251 367834

CB5524RU/1/10.22