

УДК 636:612.013

Первые дни жизни цыплят: от защиты от стрессов к эффективной адаптации

В. Фисинин, директор ВНИТИП, академик РАСХН

П. Сурай, доктор биологических наук, профессор биохимии питания Шотландского сельскохозяйственного колледжа и Университета Глазго, иностранный член РАСХН

Аннотация: Авторы подробно раскрывают особенности выращивания цыплят в первые дни жизни, а также физиологические процессы, происходящие в организме птицы.

Ключевые слова: рост цыплёнка, внешняя среда, инфекции, ЖКТ, организм, стресс, защита.

Summary: Authors detail rearing conditions for chicks at first days of age in connection with early posthatch physiological development.

Key words: growth of chick, environment, infections, gastro-intestinal tract, organism, stress, protection.

Высокие темпы мирового производства мяса птицы во многом связаны с последними достижениями в области генетики, селекции, кормления, технологии содержания и ветеринарной защиты. Так, современные кроссы обладают громадным генетическим потенциалом для роста и эффективной конверсии корма. Вместе с тем, сравнивая лучшие показатели по выращиванию цыплят-бройлеров на Западе, например в Великобритании, где конверсия корма составляет 1,55–1,60 при среднесуточном приросте 60 г и сохранности на уровне 97%, с показателями, достигаемыми в России и ближнем зарубежье, мы видим значительную разницу и возможности для их улучшения. Качество суточного молодняка и технологии содержания и кормления птицы в первые дни после вывода достаточно широко освещены в отечественной (Фисинин и др., 2009) и зарубежной литературе. При этом следует особое внимание обратить на проблемы различных стрессов и на современные методы их предотвращения. Дело в том, что период выращивания цыплят становится всё короче и первая неделя их жизни является определяющей для дальнейшего развития. Как правило, задержка в развитии в первую неделю не компенсируется до самого конца выращивания цыплят. За последние 5 лет наблюдается значи-

тельный прогресс в понимании молекулярных механизмов стрессов, включая идентификацию витагенов, ответственных за адаптацию человека и животных к неблагоприятным факторам внешней среды. Кроме того, уже сделаны первые попытки направленного влияния на указанные гены с целью лучшей адаптации сельскохозяйственных животных к условиям внешней среды. Задачей настоящей работы является критический анализ знаний в области развития желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) птицы в первые дни постнатального развития с особым вниманием к возможным стрессам и путям снижения их отрицательного влияния на продуктивность.

Особенности ЖКТ птицы

Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) птицы состоит из тонкого кишечника, слепой кишки и толстого кишечника. Тонкий кишечник, в свою очередь, разделён на три основные части — двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки, в которых происходит пищеварение. В частности, было показано, что главная часть всасывания у птицы происходит в двенадцатиперстной кишке и верхней части тощей кишки со снижением всасывания по мере дальнейшего продвижения вниз по кишечнику. ЖКТ является высокоорганизованной структурой, которая выполняет много важных

функций в организме. Вместе с кожей он представляет собой наибольшую поверхность тела, эпителий его играет важную роль во всасывании нутриентов, соли и воды и вместе с гепатоцитами печени участвует в детоксикации токсических веществ. Кроме этих метаболических функций кишечный эпителий составляет первую линию защиты против патогенов. В ЖКТ обнаруживается большое количество микроорганизмов, они вовлечены в регуляцию важных физиологических функций. Данное сосуществование происходит без типичного воспалительного ответа, наблюдающегося при инфекциях. Это свидетельствует о том, что ЖКТ имеет очень сложную систему распознавания безвредных бактерий и патогенов. Иммунотолерантность может быть нарушена в условиях различных заболеваний и при иммуносупрессии (эта проблема будет более детально освещена в наших следующих публикациях).

Слизистый слой рассматривается как простой слой колончатых эпителиальных клеток, куда включены несколько типов и специализированных клеток. В то время как энтероциты участвуют в переваривании и всасывании питательных веществ, клетки Гоблета и Паннета обеспечивают защиту от инфекций за счёт синтеза и выделения слизи, антимикробных пептидов и иммуноре-





гулирующих факторов. Энтероэндокринные клетки обеспечивают коммуникацию между различными клетками организма благодаря секреции пептидных гормонов, которые влияют на различные физиологические процессы. Поскольку эпителиальные клетки кишечника постоянно подвергаются влиянию неблагоприятной внешней среды, то воспаление и повреждение ткани могут привести к нарушению функции кишечника. Эпителий имеет очень высокую способность самовозобновления, и полная замена эпителия в кишечнике человека происходит каждые 4–5 дней. Кишечное самообновление регулируется плюрипотентными стволовыми клетками, которые находятся в пролиферативной зоне крипт вместе с различными прогениторами. После нескольких делений прогениторные клетки дифференцируются в специализированные клетки кишечника и мигрируют вверх по ворсинкам, за исключением клеток Паннета, которые находятся на дне крипт. Как только эпителиальные клетки достигают верхушки ворсинки, они подвергаются апоптозу. Таким образом, статус ЖКТ является результатом динамического и точно регулируемого баланса между пролиферацией, дифференциацией, миграцией и клеточной смертью.

Очень большая внутренняя площадь ЖКТ (например, у человека она составляет более 200 м²) является результатом нескольких уровней изгибов ткани на клеточном (ворсинки) и мембранном (микроворсинки) уровнях. На клеточном уровне ворсинки покрыты кишечными эпителиальными клетками, которые имеют микроворсинки для оптимизации всасывания нутриентов в процессе пищеварения. Верхушки этих микроворсинок образуют волокнистый гликокаликс, состоящий из слоёв мембранно-связанных гликопротеинов, позволяющих нутриентам проходить через мембрану и одновременно ограничивают проход бактерий и больших молекул. Для того чтобы заблокировать проход и снизить повреждение, вызываемые потенциально па-

тогенными организмами, ЖКТ имеет эффективный набор защитных механизмов, включающий физические барьеры, антимикробные компоненты и специализированные иммунные механизмы.

Становление пищеварения у вылупившихся цыплят

Для цыплят несколько дней перед выводом и первые дни после являются критическими для развития и выживания. В течение этого периода в их организме происходит метаболический и физиологический переход от питания в яйце за счёт желтка к сухому корму. Следовательно, питание цыплёнка прекращается от жиров и белков желтка на углеводы и белки сухого рациона. При этом происходит быстрое развитие кишечника для того, чтобы эффективно использовать питательные вещества корма. Поскольку именно кишечник является органом, обеспечивающим доставку питательных и биологически активных веществ в организм цыплёнка, то чем быстрее он разовьётся, тем быстрее цыплята смогут получить всё необходимое для дальнейшего роста и развития. Параллельно происходит развитие иммунной системы, обеспечивающей защиту птицы от патогенов. Таким образом, любые стрессы в период посадки и в первые дни развития могут нарушить вышеуказанные процессы формирования кишечника цыплёнка и его внутренней микроструктуры, обеспечивающей высокую эффективность всасывания питательных и биологически активных веществ корма. Как уже упоминалось в наших предыдущих публикациях (Фисинин и др., 2009), ранний доступ цыплят к корму и воде является важнейшим фактором, стимулирующим развитие кишечника. Тем не менее физиологическая адаптация цыплят к новой среде обитания требует консолидации всех механизмов защиты, чтобы предотвратить пагубное влияние свободных радикалов — неотъемлемой части метаболизма. Их образование существенно увеличивается в стресс-условиях, како-

выми являются транспортировка цыплят, посадка в птичники, вакцинации и т.д.

Известно, что развитие ЖКТ начинается в процессе инкубации. Так, в последние 3 дня соотношение массы тонкого кишечника к массе тела увеличивается от 1% на 17-й день инкубации до 3,5% — в момент вывода. Известно, что пищеварительные органы позвоночных состоят из эпителия, происходящего из эндодерма и мезенхимы, берущей своё начало с внутренностной мезодермы. У эмбрионов цыплят правый и левый висцеральные листки сливаются по средней линии и формируют трубку на 2–3-й день инкубации. В это время эпителий находится внутри, а мезенхима снаружи. На 5-й день пищеварительный тракт делится на пищевод, железистый и мышечный желудок, двенадцатиперстную кишку, тонкий кишечник, слепую кишку, толстый кишечник и аллантоис. После этого как эпителий, так и мезенхима каждого органа постепенно дифференцируются и получают специфические характеристики. Эпителий пищевода становится стратифицированным эпителием со слизистыми железами. При этом эпителий железистого желудка выгибается в мезенхимальную ткань с образованием железистой структуры и эпителиальные клетки железы начинают показывать экспрессию пепсиногена, зимогена пищевого фермента пепсина, начиная с 9-го дня инкубации. Эпителий мышечного желудка образует простую железу и выделяет слизь. Эпителий этих органов, находящийся в верхней части пищеварительного тракта, обычно характеризуется экспрессией фактора транскрипции cSox2 и треоилфактора cSP (спазмолитический полипептид цыплёнка). Эпителий тонкого и толстого кишечника образует ворсинчатые структуры и секреторует некоторые пищевые ферменты, например сахарозу.

Развитие ферментативной системы пищеварения

На ранних этапах онтогенеза цыплёнка происходит формирование

важных биохимических механизмов переваривания питательных веществ, включая синтез различных ферментов. Так, например, эмбриональная поджелудочная железа способна секретировать протеолитические ферменты перед выводом молодняка. В частности, ферменты, переваривающие белки корма, карбоксипептидаза А и химотрипсин обнаруживаются на 16-й день инкубации, альфа-амилаза поджелудочной железы, участвующая в расщеплении углеводов корма, — на 18-й день. Однако максимальная специфическая активность этого фермента обнаруживается на 4-й день после вывода молодняка. В конце инкубационного периода происходят морфологические, клеточные и молекулярные изменения в тонком кишечнике цыплят. Активность и количество матричной РНК ферментов кишечной стенки, которые переваривают дисахариды и короткие пептиды, и главных транспортёров (транспортёры натрия, глюкозы и АТФаза), обнаруживающихся на 15-й день инкубации, начинает повышаться к 19-му дню и далее — в период вывода.

Принимая во внимание незрелость пищеварительной системы цыплят, питательные вещества не полностью ими используются в первые 7–10 дней после вывода. В частности, было установлено, что значения метаболической энергии корма были наиболее низкими между 4-м и 7-м днями после вывода и далее повышались с возрастом. Переваримость протеина и аминокислот также снижена у цыплят в первую неделю жизни. К примеру, переваримость азота в подвздошной кишке возрастает от 78% в 4 дня до 90% в 21-дневном возрасте цыплят, выращиваемых на кукурузно-соевом рационе. Израильские авторы, проводившие данные исследования, заключили, что протеолитическая активность в тонком кишечнике может быть недостаточной в ранний постнатальный период для максимального гидролиза экзогенного и эндогенного белка.

После вывода профиль ферментативной активности в тонком ки-

шечнике адаптируется к перевариванию экзогенных субстратов. При этом активность всех ферментов поджелудочной железы возрастает после вывода, хотя каждый фермент имеет свои особенности. Например, липаза поджелудочной железы повышается линейно до 16-го дня после вывода и затем достигает плато. Ферментативная активность щёточной каймы кишечника также быстро повышается после вывода. Следует подчеркнуть, что в тонком кишечнике находятся миллиарды микроворсинок, образующих на клеточном уровне как бы тонкопористый фильтр — щёточную кайму, отвечающую за всасывание и усвоение питательных веществ из корма. Таким образом, главные изменения в экспрессии и активности ферментов и транспортёров из щёточной каймы, изменения в активности ферментов поджелудочной железы, которые происходят в ЖКТ цыплят после вывода одновременно с развитием и формированием крипт и увеличением количества энтероцитов, подготавливают всё необходимое для эффективного переваривания углеводов и белков из экзогенных кормов.

Следует особо подчеркнуть тот факт, что многие изменения в организме цыплят в первые дни жизни, включая развитие кишечника и синтез пищеварительных ферментов, регулируются на уровне генов. В недавней работе, выполненной в отделе животноводства и птицеводства Технологического университета штата Вирджиния и опубликованной в 2008 году, было показано, что экспрессия ряда генов, регулирующих синтез специальных молекул, участвующих в транспорте питательных веществ в кишечнике, существенно увеличивается в первые две недели жизни цыплят, в то время как активность других генов остаётся неизменной. Более поздние исследования в этом направлении показали, что стресс-условия способны изменить экспрессию генов, ответственных за синтез вышеуказанных пищеварительных ферментов и регулирующих темпы морфологического развития кишечника, и

тем самым привести к запозданию созревания пищеварительной системы, что, несомненно, приведёт к задержке роста и развития цыплят.

Стратегия развития ЖКТ

Современные цыплята мясных кроссов отселекционированы на быстрый рост и развитие. При этом их живая масса повышается в 2–3 раза в первую неделю жизни, а развитие кишечника идёт ещё более быстрыми темпами. В недавних исследованиях, проведённых в США, было доказано, что у современных бройлеров высота ворсинок в тощей и подвздошной кишках выше, чем у медленнее растущих цыплят яичных кроссов. В целом можно заключить, что бройлерные цыплята отличаются от яичных более быстрым ростом, ранней его инициацией в неонатальном периоде и более быстрым развитием кишечника.

Стратегия развития ЖКТ включает ускоренное увеличение массы кишечника и, что важно, развитие его всасывающей способности. В первые дни после вывода относительная масса тонкого кишечника, железистого и мышечного желудка повышается быстрее, чем другие органы и ткани цыплят. Данные показатели достигают своего максимума к концу первой недели развития. Особую роль играет значительное увеличение поверхности всасывания в тонком кишечнике, происходящее в период постнатального развития цыплят.

Развитие крипт является критическим моментом в созревании кишечника. У вылупившихся цыплят крипты ещё не сформированы, особенно в тощей кишке, и этот процесс созревания осуществляется в первые 24 ч после вывода. В момент вывода все клетки крипт обладают пролиферативной активностью, что способствует увеличению их размера и количества. Таким образом, в ЖКТ цыплят происходят быстрые изменения после вывода и через 48 ч практически завершается образование всех изгибов и увеличение площади всасывания во всех сегментах кишечни-





ка. При этом количество крипт на одну ворсинку существенно увеличивается в первые 48 часов. Следовательно, крипты начинают формироваться в день вывода и ко 2–3-му дню после вывода увеличивается как число клеток, так и их размер. В связи с этими морфологическими изменениями способность кишечника к перевариванию и всасыванию питательных веществ постоянно увеличивается в течение первой недели жизни птицы. Таким образом, цыплята нуждаются в дополнительном внимании в эти дни, от которых, по сути, зависят будущая структура и функциональная активность тонкого кишечника. Именно в этот период различные стрессы способны нарушить процесс созревания тонкого кишечника.

Следует отметить некую специфичность в развитии и созревании различных отделов кишечника. Так, в двенадцатиперстной и тощей кишках происходит постепенное увеличение количества крипт вплоть до 9-го дня после вывода. В то же время количество крипт в расчёте на одну ворсинку достигает плато в подвздошной кишке к 72 ч после вывода. В момент вывода почти все клетки кишечника характеризуются пролиферацией, однако пропорция пролиферирующих клеток в крипах существенно снижается со временем во всех трёх сегментах тонкого кишечника — примерно до 50%-ного уровня через 72 ч после вывода. При этом пропорция пролиферирующих клеток колеблется от 10 до 40%, а через 168 ч она снижается до 10–20%, после этого процесс стабилизируется. Наиболее медленное снижение пропорции пролиферирующих клеток отмечается в тощей кишке. Количество клеток в расчёте на одну крипту быстро увеличивается во всех отделах тонкого кишечника вплоть до 72 ч после вывода, далее изменения, как правило, незначительные. Таким образом, функциональное созревание подвздошной кишки заканчивается раньше, чем других отделов тонкого кишечника. Микроскопические его исследования подтвердили, что

после вывода происходят быстрые морфологические изменения, при этом объём ворсинок увеличивается в 3–5 раз с различиями в их росте в отделах тонкого кишечника, включая подвздошную кишку, двенадцатиперстную и тощую.

Повышение количества и размеров крипт сопряжено с созреванием энтероцитов, увеличивающих поверхность всасывания в процессе роста и развития ворсинок. При этом повышается скорость обновления клеток. Количество размножающихся крипт, которые поддерживают каждую ворсинку, определяет степень и интенсивность их роста. Различия в пролиферации ворсинок в отделах тонкого кишечника предполагают, что рост ворсинок в тощей кишке происходит главным образом за счёт митоза, который более активный в этой части кишечника, чем в двенадцатиперстной кишке, где пролиферация ворсинок происходит медленнее. Опережающий рост кишечника подтверждается существенным увеличением числа энтероцитов в первые несколько дней после вывода и повышением длины ворсинок. Таким образом, наиболее важные изменения в слизистой тонкого кишечника цыплят происходят непосредственно перед и сразу после вывода цыплят, включая созревание энтероцитов, интенсивный криптогенез и рост ворсинок.

Энтероциты, которые по форме круглые и неполярные, в период вывода быстро увеличиваются в длину и становятся полярными с выраженной щёточной каёмочной мембраной в течение нескольких часов после вывода. Длина энтероцитов примерно одинакова во всех сегментах тонкого кишечника в момент вывода. Однако после вывода в двенадцатиперстной и тощей кишках продолжается увеличение длины энтероцитов, она достигает своего плато в двенадцатиперстной кишке к 216 ч, а в тощей кишке к 144 ч после вывода. Дифференциация энтероцитов включает поляризацию и организацию цитоскелета каёмочной мембраны энтероцитов. Незрелые энтероциты также обна-

руживаются в постнатальном развитии у других видов животных.

В онтогенезе энтероцитов цыплят можно выделить два периода. В первые 24 ч после вывода они становятся полярными и формируется щёточная кайма на мембране энтероцитов. То есть микроворсинки кишечника, выросты апикальной мембраны энтероцитов образуют так называемую щёточную каёмку. Второй период включает гипертрофию, которая выражается главным образом в увеличении длины клеток. В двенадцатиперстной и тощей кишках процессы дифференциации и гипертрофии происходят раздельно. Так, в тощей кишке гипертрофия прослеживается до 144 ч, в то время как в двенадцатиперстной такие процессы наблюдаются до 216 ч после вывода. В то же время гипертрофия не выражена в подвздошной кишке. Итак, в момент вывода энтероциты уже зрелые в подвздошной кишке, но в других отделах тонкого кишечника они ещё развиваются в течение 6–9 дней.

В момент вывода существуют различия в длине ворсинок в отделах кишечника: в двенадцатиперстной кишке они больше, чем в тощей или подвздошной, в то время как их ширина практически не отличается. После вывода поверхность (площадь) ворсинок быстро увеличивается, в двенадцатиперстной кишке этот процесс наиболее активен вплоть до 240 часов. При этом площадь ворсинок тощей и подвздошной кишок увеличивается медленнее и достигает своего плато к 168 ч после вывода. Наибольшее количество ворсинок на срезе кишечника в период вывода обнаруживается в подвздошной кишке, их количество мало изменяется со временем. В то же время в двенадцатиперстной и тощей кишках оно существенно увеличивается после вывода, достигая плато через 72 ч в двенадцатиперстной кишке и через 216 ч — в тощей. В момент вывода поверхность всасывания во всех трёх отделах тонкого кишечника близка, повышается в течение первых 72 ч после вывода. Однако пос-

ле 3-дневного периода у тощей кишки она увеличивается значительно быстрее, чем в других сегментах кишечника, достигая площади примерно вдвое большей, чем в других отделах тонкого кишечника. Скорость миграции энтероцитов в подвздошной кишке, как правило, ниже, чем в других отделах тонкого кишечника. Через 48 ч после вывода наибольшая скорость миграции энтероцитов отмечается в двенадцатиперстной кишке, на более поздних этапах скорость миграции энтероцитов в двенадцатиперстной и тощей кишках одинакова, но выше, чем в подвздошной кишке. В исследованиях израильских учёных было доказано, что между 4-м и 10-м

днями после вывода высота ворсинок и их ширина повышаются на 25–100% во всех сегментах тонкого кишечника. Таким образом, важные изменения в морфологии тонкого кишечника и его слизистой происходят перед и сразу после вывода, включая созревание энтероцитов, интенсивный криптогенез и рост ворсинок.

Итак, следует отметить, что кишечник цыплят созревает и подвергается существенным биохимическим и молекулярным изменениям в первые 10 дней после вывода. Подобно тому, как это происходит у других позвоночных, у цыплят деление кишечных эпителиальных клеток не ограничено только криптами, но

проходит по высоте всех ворсинок в течение первой недели после вывода. Эпителий тонкого кишечника состоит из постоянно обновляющейся популяции клеток. Стволовые клетки, находящиеся в районе крипт, образуют энтероциты, которые мигрируют на верхушку ворсинок и выстилают кишечник изнутри. Было установлено, что постоянное деление, миграция, дифференциация и созревание стволовых клеток крипт регулируется различными факторами, включая питательные вещества, находящиеся в кишечнике, гормоны кишечника, факторы роста и цитокины.

Продолжение следует



Курсы повышения квалификации специалистов во ВНИТИП

13–18 февраля 19–24 ноября	Современные подходы к технологии инкубации яиц сельскохозяйственной птицы, болезни эмбрионов сельскохозяйственной птицы (для зоотехников, ветврачей, заведующих и механиков цехов инкубации)
27 февраля–3 марта 26 ноября–1 декабря	Перспективные технические решения и оборудование при ресурсосберегающих технологиях производства, переработки птицеводческой продукции (для инженеров, энергетиков, технологов птицеводческих хозяйств)
12–17 марта 15–20 октября	Племенная работа с высокопродуктивными кроссами сельскохозяйственной птицы (для руководителей и специалистов племенных хозяйств)
19–24 марта 12–17 ноября	Актуальные проблемы выращивания ремонтного молодняка, содержание промышленного, родительского и племенного стада яичных кур (для руководителей, технологов, зоотехников, ветврачей, инженеров, начальников цехов и бригадиров птицеводческих предприятий)
26–31 марта 22–27 октября	Новые технологии и пути повышения эффективности производства мяса бройлеров (для технологов и специалистов по производству и переработке мяса птицы)
2–7 апреля 10–15 сентября	Современные подходы к кормлению высокопродуктивных кроссов птицы, контроль качества комбикормов, биологически активных добавок, новые технологии в кормопроизводстве (для технологов птицеводческих хозяйств и комбикормовых предприятий, ветврачей, заведующих зоо- и ветлабораториями, зоотехников по кормам)
23–28 апреля	Экономические аспекты обеспечения результативности функционирования птицеводческих предприятий (для руководителей и специалистов финансово-экономической службы, технологов птицеводческих предприятий)
24–29 сентября	Актуальные проблемы переработки, качества и стандартизации продукции птицеводства (для специалистов по производству и переработке яиц и мяса птицы)
<p>Курсы повышения квалификации проводятся совместно со специалистами Росптицесоюза. По окончании курсов выдается удостоверение о повышении квалификации государственного образца. Продаётся новая научная литература по птицеводству. Дополнительную информацию можно получить на нашем сайте: www.vnitip.ru Телефоны для справок: 8(496) 547-70-70, 8(496) 546-13-51; факс: 8(496) 551-21-38.</p>	

УДК 636:612.013

Раннее питание цыплят и развитие мышечной ткани (продолжение)

В. Фисинин, директор ВНИТИП, академик РАСХН

П. Сурай, доктор биологических наук, иностранный член РАСХН

Аннотация: Авторы раскрывают важность обеспечения цыплят в первые дни жизни необходимыми биологически активными веществами, которые являются определяющими для их будущего развития.

Ключевые слова: отделы кишечника, антиоксидантная защита, липиды, витамины, стрессы, микотоксины, новый тип питания.

Summary: Authors detail the importance of early postnatal supply of growing chicks with biologically active compounds determining their subsequent development.

Key words: intestine sections, antioxidant protection, lipids, vitamins, stress, mycotoxins, new type of nutrition.

В исследованиях последних лет было убедительно доказано, что раннее питание цыплят является определяющим фактором в закладке и дальнейшем развитии мышечных волокон. Таким образом, недостатки питания в этом возрасте способны отрицательно сказаться на выходе мяса у выращиваемых бройлеров. Рост скелетных мышц у вылупившихся цыплят определяется гипертрофией и накоплением ядер в мышечных фибриллах. Этот процесс связан с миогенными первичными клетками, которые расположены под базальным слоем волокон, называемых сателлитными клетками. В ответ на внешние сигналы эти клетки способны включаться в клеточный цикл и размножаться, дифференцироваться и вливаться в существующие волокна или, сливаясь, образовывать новые волокна. Окончательная дифференциация миобластов в процессе эмбрионального развития цыплят так же, как и сателлитных клеток, после вывода включает миобласты из клеточного цикла, увеличивает синтез специфических белков для мышц и специфических связывающих факторов для миоцитов.

У мясных цыплят деление и дифференциация сателлитных клеток является очень важным процессом, происходящим в первые дни после вывода и продолжающимся лишь первую неделю. После этого популяция сателлитных клеток существенно снижается и факторы, влияющие на их аккумуляцию в первые дни после вывода, определяют

размер и структуру мышечной ткани в последующий период роста. Следует особо подчеркнуть, что закладка и рост мышечных волокон связаны с высокой активностью митохондрий — главными поставщиками свободных радикалов в клетке. Таким образом, высокая антиоксидантная защита и обеспечение цыплят всеми необходимыми биологически активными веществами, включая водо- и жирорастворимые витамины, микроэлементы, незаменимые аминокислоты и ряд других веществ, например карнитин и бетаин, в первую неделю жизни цыплят являются определяющими для их будущей мясной продуктивности. То, что недополучено в начале жизни, нельзя полностью наверстать в более позднем возрасте, когда мышечные волокна уже сформировались.

Антиоксидантная защита вылупившихся цыплят

Развитие кишечника в первые дни после вывода сопряжено с его усиленной метаболической активностью, что способствует избыточному образованию свободных радикалов, которые способны вызывать повреждения основных типов биологических молекул, включая липиды, белки и ДНК. При этом окисление белков до настоящего времени не получило должного внимания. Вместе с тем окисление белковых молекул, выполняющих регуляторные функции в организме, неизбежно приводит к негативным последствиям. Таким образом, антиоксидант-

ная защита кишечника в период его наиболее интенсивного развития является ключевым элементом будущей продуктивности. Однако первые дни постнатального развития цыплят характеризуются низкой усвояемостью жирорастворимых антиоксидантов, включая витамин Е. Это связано со многими факторами, но главные — незрелость ЖКТ и недостаточное количество желчи у вылупившихся цыплят. Итак, в момент наибольшего участия витамина Е в антиоксидантной защите, его поступление снижено, что является фактором риска для эффективного развития ЖКТ и последующего всасывания питательных веществ при низкой конверсии корма, для поддержания оптимального роста, развития цыплят и их здоровья. Исследования, проведенные в различных лабораториях Европы и США, показали, что введение водорастворимой формы витамина Е позволяет преодолеть его дефицит в первые дни жизни цыплят и тем самым обеспечить максимальную антиоксидантную защиту организма. При этом включение водорастворимого витамина Е в антистрессовый препарат (Фид Фуд Мэджик Антистресс Микс, рис. 1) совместно с другими антиоксидантами, включая аскорбиновую кислоту, карнитин, а также минералы, необходимые для синтеза антиоксидантных ферментов, селен (глутатионпероксидаза и другие селенопротеины), цинк и марганец (супероксиддисмутаза) и магний (АТФазы и другие ферменты), важнейшие элемен-





Рис. 1. Антистрессовый препарат

ты рециклизации витамина Е (аскорбиновая кислота, селен, витамины В₁ и В₂) позволяет создать оптимальный антиоксидант-прооксидантный баланс в развивающемся кишечнике цыплят.

Принимая во внимание, что гены в организме цыплят могут включаться и выключаться под воздействием питательных и биологически активных веществ, этому факту следует уделять больше внимания. Например, в наших исследованиях, проведённых в Университете Глазго на модельных птицах (zebra finch — зебровая амадина), было показано, что нарушение белкового питания у птицы в первую неделю жизни приводило к существенному снижению концентрации природных антиоксидантов (витамина Е и каротиноидов) в их крови во взрослом состоянии. Это объясняется тем, что синтез различных веществ-переносчиков, участвующих во всасывании биологически активных веществ в кишечнике, также регулируется на уровне генов, и недостаток в незаменимых аминокислотах в раннем возрасте приводит к таким драматическим последствиям. Таким образом, в вышеупомянутый антистрессовый препарат были включены основные лимитирующие аминокислоты — метионин и лизин. Это даёт возможность избежать дисбаланса аминокислот и поддержать развитие системы всасывания в кишечнике в критический период её развития.

Антиоксидантная защита кишечника

Наши исследования антиоксидантной активности содержимого различ-

ных отделов кишечника показали, что наивысшая активность жирорастворимой фракции кишечника отмечается в двенадцатиперстной кишке, где в основном и всасываются жирорастворимые вещества, далее она уменьшается, самая низкая наблюдается в толстом кишечнике, где количество липидов минимальное (рис. 2).

Кроме того, наибольшая антиоксидантная активность водорастворимой фракции отмечена в слепой кишке, далее следует двенадцатиперстная и подвздошная. Самая низкая отмечена в тощей кишке и толстом кишечнике. При определении содержания витамина Е в различных отделах кишечника (рис. 3) наблюдается самое высокое в двенадцатиперстной и тощей кишках, далее оно постепенно снижается при продвижении вниз к толстому кишечнику. У птицы двенадцатиперстная и

тощая кишки являются главным местом всасывания липидов и витамина Е. В наших исследованиях было показано, что в слизистой двенадцатиперстной и тощей кишках концентрация витамина Е была существенно выше, чем в других отделах кишечника. Его высокая концентрация, вероятно, объясняется высвобождённым из корма витамином Е в процессе переваривания и готовым к поглощению энтероцитами.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют об особенностях антиоксидантной защиты каждого отдела кишечника.

Следует особо отметить, что в ЖКТ птицы существует очень тонкий баланс между антиоксидантами, поступающими с кормом (витамины Е, С, А, карнитин, каротиноиды), с одной стороны, и прооксидантами (окисленные жиры, альдегиды, кетоны, остаточные количества тяжёлых металлов или гербицидов, микотоксины и др.), с другой (рис. 4). Этот баланс является основой для поддержания редокс-статуса кишечника, который во многом определяет активность витагенов, ответственных за синтез антиоксидантов (глутатион, тиоредоксин, АО-ферменты, белки-шапероны и др.), необходимых для оптимизации указанного баланса и предотвращения нарушения структуры и функции энтероцитов, ответственных за всасывание питательных и биологически активных веществ. Его нарушение часто ведёт к апоптозу энтероцитов, что вызывает нарушение всасывания и, как следствие, синдром малабсорбции со все-

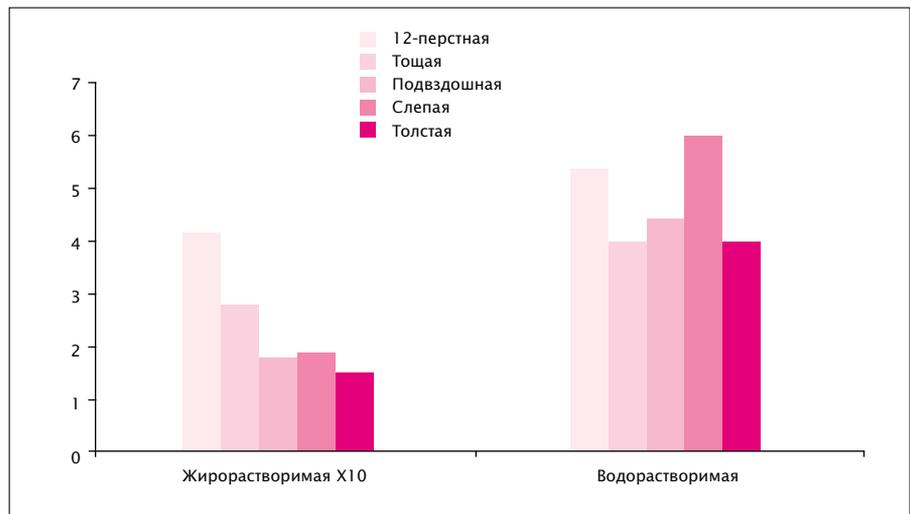


Рис. 2. Антиоксидантная активность жирорастворимой и водорастворимой фракции кишечника

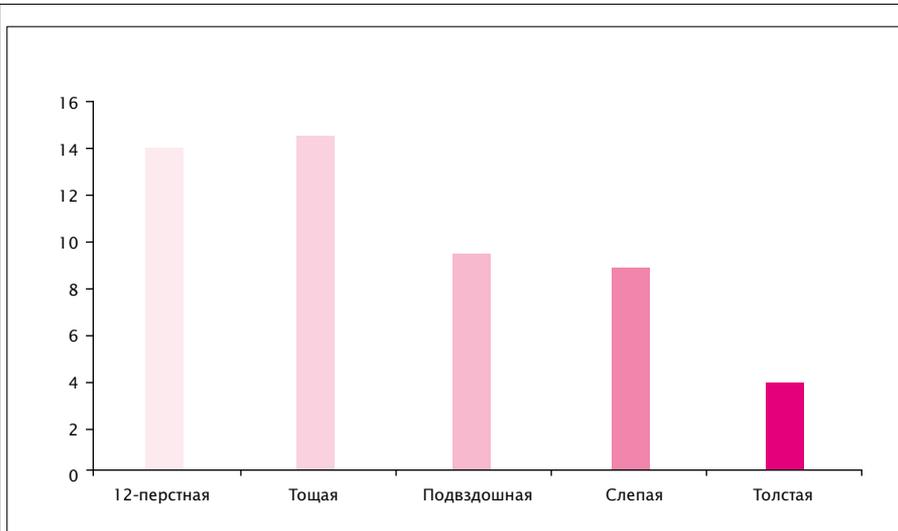


Рис. 3. Витамин Е в кишечнике цыплят

ми вытекающими последствиями. При этом отмирание клеток приводит к активации иммунного ответа с последующим воспалением и развитием субклинического и далее клинически выраженного энтерита. При этом существует ряд веществ, способных положительно влиять на активность витагенов (витамины Е и С, карнитин, бетаин, селен, цинк и марганец, лизин и метионин) и на более эффективную адаптацию кишечника к различного рода стрессам. Это даёт возможность поддерживать гомеостаз и антиоксидант-прооксидантный баланс в кишечнике, предотвращать нарушения на уровне ворсинок и энтероцитов, обеспечивая высокую эффективность всасывания питательных и биологически активных веществ.

Болезни ЖКТ и их предотвращение

Проблемы, возникающие в ЖКТ птицы в промышленных условиях, носят инфекционный или токсический характер. Что касается болезней, связанных с инфекционным началом, включая кокцидиоз и некротический энтерит, то они будут рассмотрены в наших следующих публикациях. В то же время энтериты и другие нарушения, связанные с поступлением различных токсических веществ в корма, заслуживают дополнительного внимания. В частности, с биогенными аминами (поступают главным образом с кормами животного происхождения, особенно с рыбной мукой) и микотоксинами (в зерновых и зернобобовых кормах) так-

же ознакомьтесь в наших будущих статьях. О проблемах, связанных со структурой и функционированием ЖКТ птицы, следует упомянуть несколько ключевых моментов, относящихся к микотоксикозам. В последние годы было доказано, что механизм действия большинства микотоксинов, в том числе афлатоксина, ДОНа, Т-2 токсина, фумонизинов, зеараленона и ряда других, включает избыточное образование свободных радикалов и окислительный стресс.

Данный стресс нарушает антиоксидант-прооксидантный баланс в желудочно-кишечном тракте, а также в клетках жизненно важных органов — печени, почках и иммунокомпетентных органах. В результате наблюдаются процессы апоптоза в кишечнике, приводящие к синдрому малабсорбции в иммунокомпетентных органах, и вызыва-

ющие иммуносупрессию в ряде других органов и тканей, что снижает продуктивные и воспроизводительные качества птицы.

Как показал опыт зарубежного птицеводства, справиться с микотоксинами в полной мере пока не удаётся даже при тщательном контроле входящего сырья. При этом на рынке можно найти значительное количество различных адсорбентов, призванных связывать данные микотоксины. Тем не менее анализ современной литературы свидетельствует:

- эффективность связывания отдельных микотоксинов различными сорбентами варьируется от 10 до 70%, и добиться полной защиты от них данным способом невозможно. К тому же часто исследования проводились *in vitro* и переносить их на организм не совсем корректно. То есть даже при наличии высокоэффективных средств связывания микотоксинов в кормах необходима поддержка печени, которая метаболизирует не связавшиеся микотоксины. Необходима дополнительная поддержка организму птицы;
- постоянное введение сорбентов в корм дорого, а включение их в периоды, когда уже проявились симптомы микотоксикозов, как правило, не спасает ситуацию, а лишь снижает возможные потери. При этом необходимо поддержать печень и весь организм для того, чтобы справиться с теми микотоксинами, которые успели уже проникнуть до включения сорбента;
- неспецифическая связывающая активность многих сорбентов вызывает



Рис. 4. Антиоксидант-прооксидантный баланс в кишечнике



наряду со связыванием микотоксинов связывание витаминов и минералов, что приводит к их дисбалансу, то есть решая одну проблему, мы создаём другую.

Исходя из вышесказанного и базируясь на данных последних лет о механизмах действия микотоксинов, включая иммуносупрессию и изменение в активности ряда генов, была предложена система антиоксидантной защиты организма в условиях микотоксикозов путём выпаивания с водой антистрессового препарата. За счёт комбинации антиоксидантов (витамин **Е** и система его рециклизации, витамин **С**); минералов, необходимых для синтеза антиоксидантных ферментов (селен, цинк и марганец); веществ, поддерживающих функцию печени в стресс-условиях (карнитин, бетаин, метионин и лизин), удаётся снизить отрицательные последствия окислительного стресса и тем самым предотвратить негативное действие микотоксинов на организм птицы. Это происхо-

дит за счёт снижения окислительного стресса и влияния на витагены, ответственные за синтез антиоксидантных компонентов и предотвращения изменения экспрессии ряда генов, вызванных микотоксинами. В условиях высокого содержания микотоксинов в кормах рекомендуется объединить использование эффективного адсорбента и антистрессового препарата.

Заключение. Как уже упоминалось выше, развитие кишечника в раннем постнатальном периоде жизни цыплят является определяющим для дальнейшего их здоровья и продуктивности. Особо следует отметить, что одновременно с развитием кишечника идёт развитие иммунной системы и заселение кишечника полезной микрофлорой (эта проблема будет освещена в нашей следующей статье).

Таким образом, в эти первые 3–4 критических дня после вывода цыплята нуждаются в максимальной поддержке в плане адаптации к новому (сухому) типу питания в условиях нез-

релого ЖКТ и активно развивающейся иммунной системы. Исследования последних лет убедительно показали, что включение в питьевую воду цыплят комплекса антиоксидантов и других важных веществ (органические кислоты, витамины, минералы и др.) позволяет поддержать оптимальный антиоксидант-прооксидантный баланс в кишечнике, обеспечивает максимальную экспрессию витагенов и тем самым способствует реализации их генетического потенциала. Кроме того, использование данного антистрессового препарата существенно снижает потери от микотоксинов в кормах. Другие приёмы, повышающие рост и развитие цыплят, включая престартерные рационы, были описаны в наших предыдущих публикациях (Фисинин и др., 2009).

Для контакта с авторами:
Фисинин Владимир Иванович
Питер Сурай
тел.: (499) 124-78-10

ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»)

Ведущий центр разработчиков и производителей ветеринарных препаратов для профилактики и диагностики болезней птиц, свиней и рогатого скота (производится около 100 наименований вакцин и около 50 наименований диагностических наборов).

- Референтная лаборатория по бешенству в РФ
- Референтная лаборатория по гриппу и Ньюкаслской болезни птиц в РФ
- Испытательный центр

Международные статусы ФГБУ «ВНИИЗЖ»:

- Центр МЭБ по сотрудничеству в области диагностики и контроля болезней животных для стран Восточной Европы, Центральной Азии и Закавказья
- Региональная референтная лаборатория МЭБ по ящуру

Деятельность осуществляется в соответствии с международными стандартами ISO 9001-2008.

600901, Россия, г. Владимир, мкр. Юрьевец
 Тел./факс: (4922) 26-38-77, 26-15-25, 26-15-51, 38-30-30, 26-18-56
 Тел.: (4922) 26-06-14, 26-17-65
 E-mail: mail@arriah.ru
 http://www.arriah.ru