

БЕТАИН. НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА

В. ГРЕЧИШНИКОВ, А. ПАНИН, кандидаты с.-х. наук,
Е. МИХАЛЬЧУК, Н. ДЕМАНОВА, С. ПОПОВ, технические специалисты, компания «КормоРесурс»

В критические периоды продуктивности, сопровождающиеся различными стрессовыми нагрузками, сельскохозяйственные животные подвергаются и оксидативному стрессу, который приводит к развитию множества заболеваний. Применение бетаина, усиливающего антиоксидантную защиту организма, помогает стабилизировать метаболизм животных на клеточном уровне.

Благодаря двойной биологической активности — донора метильных групп и осмопротектора — бетаин является уникальным продуктом для всех видов сельскохозяйственных животных и объектов аквакультуры. Он способствует более эффективному усвоению питательных веществ, повышению сохранности поголовья, улучшению конверсии корма и качества продукции при пребывании животных в условиях теплового и технологического стрессов.

Современная технология производства продукции животноводства требует постоянного улучшения показателей продуктивности, увеличения сроков использования продуктивного стада, обеспечения хороших показателей здоровья и воспроизводства при применении безопасных кормовых решений. У высокопродуктивных животных метаболизм находится на критичном уровне, и воздействие любых стрессовых факторов приводит к оксидативному (окислительному) стрессу — патологическому состоянию, происходящему на клеточном уровне. Особенно остро на животных влияет тепловой стресс.

По мнению современной науки, окислительный стресс является универсальным патофизиологическим механизмом, приводящим к развитию большинства заболеваний. Его основное «оружие» — это активные формы кислорода (АФК), образующиеся в избыточном количестве в дыхательной цепи митохондрий под влиянием экзогенных и эндогенных патологических факторов. При избытке АФК ненасыщенные жирные кислоты, входящие

в состав фосфолипидов клеточной стенки, подвергаются перекисному окислению и превращаются в свободные радикалы. В результате происходит нарушение переноса питательных веществ и деструкция клеточных структур, вплоть до гибели клетки (рис. 1).

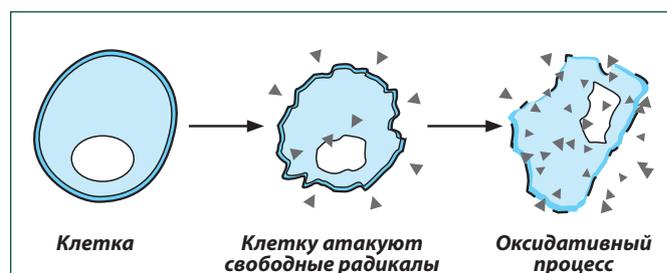


Рис. 1. Гибель клетки вследствие оксидативного стресса

При свободнорадикальном окислении липидов в тканях накапливаются перекиси, радикалы свободных жирных кислот, кетоны, альдегиды, кетокислоты. Кетоновые тела также накапливаются при отрицательном энергетическом балансе и кетозе у высокопродуктивных коров в период раздоя, при нарушении баланса протеина и углеводов в рационах супоросных и лакирующих свиноматок, при дефиците обменной энергии в рационе. Они оказывают токсическое воздействие на печень, сердце, почки и центральную нервную систему. При окислительном стрессе прежде всего повреждаются наиболее специфичные и энергозависимые клетки — нейроны, кардиомиоциты, половые клетки (гаметы), клетки кожи и крови, гепатоциты. Это приводит к нервному расстройству, иммунодефициту, нарушению воспроизводительной функции, кардиодистрофии, гепатозам.

В связи с тем, что в клетках свободные радикалы образуются непрерывно, существует защитная антиоксидантная система, состоящая из антиоксидантных ферментов и низкомолекулярных антиоксидантов. Первые катализируют реакции восстановления свободных радикалов и перекисей, превращая их в нейтральные соединения.

К ним относятся специализированные ферментные системы супероксиддисмутазы (СОД), каталазы, глутатионпероксидазы (ГП) и глутатионредуктазы (ГР). При нарастании окислительного стресса количество антиоксидантных ферментов в клетках увеличивается. Вторые, то есть низкомолекулярные антиоксиданты, представлены витаминами А, Е, К, С, D, РР, стероидными гормонами, флавоноидами, полифенолами, коэнзимом Q10, альфа-липоевой кислотой, таурином, L-карнитином, L-ацетилцистеином, глутатионом. Антиоксидантный эффект этих веществ заключается в способности отдавать электрон, восстанавливая свободные радикалы.

Сильным антиоксидантом считается глутатион, представленный в двух формах — восстановленной (GSH), преимущественно, и окисленной (GSSG). Поддержание оптимального соотношения GSH/GSSG в клетке необходимо для ее гомеостаза. Дефицит GSH приводит к окислительному повреждению клетки. Образование глутатиона — одна из важнейших биохимических реакций в организме. Оно происходит в конце цикла метилирования гомоцистеина из цистеина и глутаминовой кислоты.

Метилирование — это контролируемая передача метильной группы (CH_3) от одного вещества другому: белкам, аминокислотам, ферментам, ДНК. Реакции метилирования идут в клетке постоянно. Метильные группы являются дефицитным биохимическим прекурсором, отвечающим в том числе за антиоксидантную защиту организма. Они участвуют в регуляции активности генов, обезвреживании химических веществ и токсинов, синтезе нейротрансмиттеров (дофамин, серотонин, адреналин), метаболизме гормонов, созревании иммунных клеток, синтезе ДНК и РНК, производстве АТФ. Все эти процессы помогают организму адаптироваться к воздействию стрессовых факторов и восстанавливаться в критические периоды.

Следует особо отметить роль метилирования в функционировании гепатоцитов. При недостатке глюкозы, окислительном стрессе и интоксикациях они быстро погибают и замещаются жировой тканью, что приводит к дистрофии печени. Как правило, донором метильных групп рассматривается холин, хотя на самом деле эту функцию выполняет его производное — бетаин. Каждая молекула бетаина (триметилглицина) содержит три лабильные метильные группы, которые он отдает непосредственно в цикл метилирования, тогда как холин сначала расходуется на образование фосфолипидов и ацетилхолина и только затем в ходе окисления в митохондриях превращается в бетаин, более эффективный донор метильных групп, чем холин. На рисунке 2 представлена формула образования бетаина из холина в митохондриях.

Стандартным коммерческим продуктом источника холина является холин хлорид. Для жвачных животных он должен использоваться в защищенной форме. Эффективность бетаина как источника метильных групп в сравнении с холин хлоридом выше на 55%, или в 2,167 раза. Данный

фактор позволяет рассматривать бетаин в качестве более дешевого донора метильных групп и замены холин хлорида в кормлении сельскохозяйственных животных.

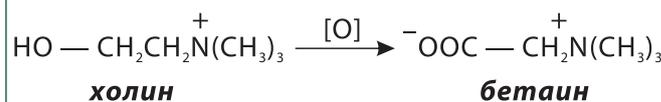
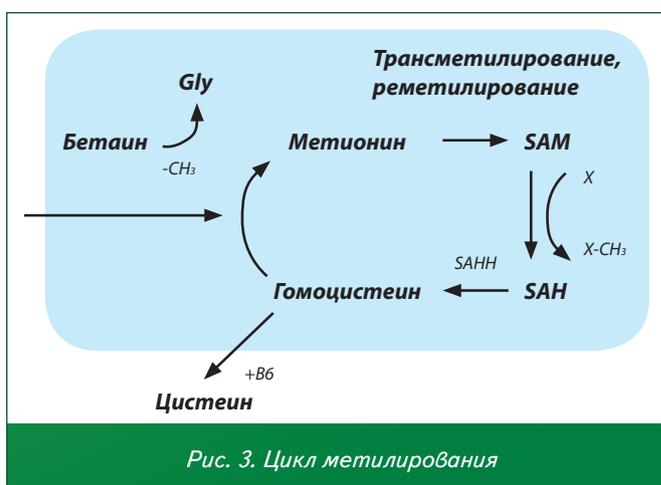


Рис. 2. Образование бетаина из холина в митохондриях

Недостаток метильных групп приводит к накоплению промежуточного продукта обмена метионина — гомоцистеина, в больших концентрациях токсичного для клеток организма. Он содержится в здоровых клетках организма в небольшом количестве и быстро трансформируется двумя путями: реметилированием до метионина и превращением в цистеин.

Ключевое значение в фолатно-метиониновом обмене отводится метионину. В начале цикла метионин превращается в S-аденозилметионин (SAM). Это активный метионин, который является единственным и непосредственным донором метильной группы. Образовавшийся после отщепления метильной группы S-аденозилгомоцистеин (SAH) подвергается гидролизу с образованием аденозина и гомоцистеина. Бетаин передает свою метильную группу кобаламину (витамину B_{12}), превращая его в метилкобаламин, который «стыкует» ее с гомоцистеином и обеспечивает регенерацию метионина, замыкая цикл (рис. 3). Бетаин может заменить до 20% вводимого в рацион метионина или скорректировать рацион при его дефиците. Другая часть гомоцистеина обезвреживается через его превращение в цистеин и далее в глутатион и таурин, который участвует в образовании желчных кислот в печени.



Таким образом, одной из важнейших функций бетаина является регенерация истинного гепатопротектора — незаменимой аминокислоты метионина, а также синтез других веществ, обладающих антиоксидантными и анти-

токсическими свойствами. Цикл метилирования считается приоритетным для клетки: если в каком-то количестве бетаин из корма попадает в организм, то он расходуется прежде всего в цикле метилирования, и только после этого его остатки могут быть использованы для других, не менее значимых нужд организма.

На рисунке 4 показана структурная формула бетаина. Он имеет нейтральный заряд, но как молекула является диполем. Бетаин представляет собой биохимический челнок, способный легко проходить через клеточные мембраны и переносить важные метаболиты. Кроме того, его молекулы взаимодействуют с молекулами воды, что важно для поддержания водного баланса, на который клетками расходуется от 30 до 60% энергии. Бетаин — эффективный осмолит. Задерживая воду внутри клетки, он тем самым снижает затраты энергии на функционирование ионных насосов. Это свойство бетаина особенно важно в условиях теплового стресса, так как уменьшается метаболическая теплопродукция и за счет этого экономится обменная энергия рациона.

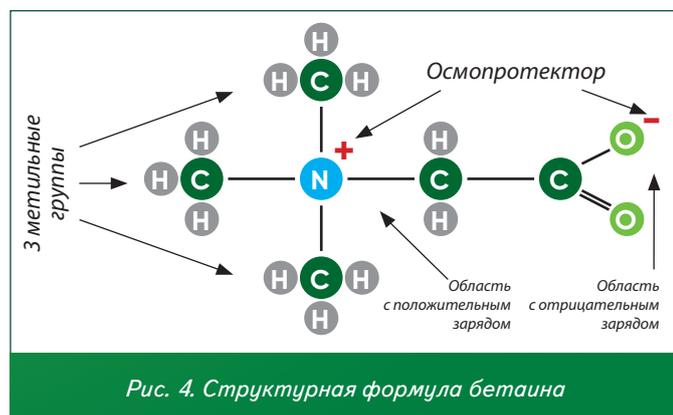


Рис. 4. Структурная формула бетаина

Известно, что при повышении температуры окружающей среды происходит перераспределение объема крови от желудочно-кишечного тракта к периферическим тканям. Гиповолемическое состояние энтероцитов приводит к нарушению барьерной функции кишечника и проникновению эндотоксинов в кровяное русло. Таким образом, осмолитическое действие бетаина позволяет стабилизировать тургорное давление в клетках кишечного эпителия и, соответственно, сохранить защитную функцию кишечника в условиях теплового стресса.

Бетаин также является промежуточным биохимическим участником в реакциях синтеза таких веществ, как таурин, адреналин, карнитин, креатин, лецитин, глицин и глутамин.

Все перечисленные свойства бетаина позволяют использовать его в качестве эффективного гепатопротектора, осмоспротектора, антиоксиданта и прекурсора в реакциях переаминирования аминокислот.

Он применяется в двух формах — *безводной* и *в виде гидрохлорида*. Следует отметить, что эффективность ги-

дрохлорида существенно ниже, чем безводной формы. Это связано с меньшим содержанием бетаина, а также с наличием значительного количества хлора (23%). Кроме того, вкус у бетаина безводного сладкий и он привлекателен для животных, а бетаин гидрохлорид имеет горьковатый привкус, что снижает потребление корма.

Скармливание бетаина всем видам сельскохозяйственных животных благотворно влияет на их здоровье и продуктивность.

В рационах высокопродуктивных молочных коров бетаин оказывает положительное многофакторное действие на пищеварение и обмен веществ. Повышает потребление и переваримость корма путем модулирования полезной микрофлоры рубца. Увеличивает общее производство летучих жирных кислот и соотношение ацетата к пропионату, концентрацию жира в молоке. В транзитный период и период раздоя бетаин используется как эффективный гепатопротектор, профилактируя развитие кетоза. Повышает продуктивность, в том числе благодаря участию в переаминировании аминокислот. Снижает воспаления за счет выраженного антиоксидантного действия и улучшения барьерной функции кишечника. Осмолитические и антиоксидантные свойства бетаина позволяют поддерживать клеточное и гормональное равновесие в критические периоды высокой продуктивности у коров, демонстрируя преимущества как при тепловом стрессе, так и в термонейтральных условиях для их фертильности, продуктивности и здоровья.

Бетаин успешно применяется **в рационах свиней**. Скармливание бетаина свиноматкам на протяжении всего периода супоросности увеличивает количество живорожденных поросят. Добавление его в комбикорма для свиноматок в период лактации в дозировке 2 кг на 1 т позволяет получить к отъему на 1–2 поросенка больше при последующих опоросах. Лучшую выживаемость зародышей обуславливают меньшие концентрации гомоцистеина, повышение эффективности использования энергии и лучшая секреция гормонов. У поросят добавление в рацион бетаина в течение первых 20 дней после отъема укрепляет слизистую оболочку ЖКТ, улучшает состояние ворсинок эпителия, усиливая тем самым их барьерную и трофическую функцию, повышает переваримость корма, снижает риск обезвоживания при диарее. У свиней на откорме возрастают среднесуточные привесы и потребление корма, улучшаются конверсия корма, структура и плотность мышечных тканей, уменьшается толщины шпика на 12–14%, повышается постность мяса.

В птицеводстве бетаин также широко применяется. Он положительно влияет на показатели продуктивности, мышечную массу, липидный обмен и иммунитет птицы, укрепляет слизистую оболочку кишечника, способствует увеличению выхода грудных мышц на 2–3% у бройлеров. Бетаин хорошо зарекомендовал себя в рационах бройлеров с высоким соотношением обменной энергии

к сырому протеину. Осморегулирующий эффект бетаина важен для иммунной, сердечно-сосудистой, нервной и выделительной систем у птицы, особенно при тепловом стрессе и кокцидиозе. При этом снижается влажность помета и подстилки, что приводит к уменьшению загрязнения яиц, случаев повреждения кожи лап и грудки аммиаком. В ряде исследований доказано, что бетаин значительно улучшает качество белка яиц после длительного хранения. Предполагается, осмолитические свойства бетаина проявляются и в яйцах, что улучшает их инкубационные качества и продлевает срок хранения.

Очень остро стоит проблема стрессов **в аквакультуре**, вызванная избыточной плотностью посадки рыб, колебаниями уровня кислорода в воде, ее химического состава и температуры, частыми технологическими манипуляциями. В ответ на резко меняющиеся условия у рыб многократно возрастают риски возникновения оксидативного стресса. Это приводит к замедлению ритма дыхания, сокращению потребления корма, снижению резистентности организма к различным патогенам. Бетаин позволяет уменьшить негативное влияние стрессов на организм рыб, повысить выживаемость и темпы роста молоди, а также применять растительный белок в рационе рыб без снижения темпов роста. Бетаин является эффективным аттрактантом: воздействуя на обонятельные и вкусовые рецепторы рыбы,

он повышает потребление корма. Также он улучшает вкус рыбы, снижает содержание абдоминального жира.

Сегодня на рынке кормовых добавок в Российской Федерации представлен широкий спектр продуктов бетаина гидрохлорида, но почти нет бетаина безводного. Компания «КормоРесурс» готова предложить препарат безводного бетаина — продукт **Алтифин S1** с содержанием 96% активного вещества.

Список литературы предоставляется по запросу. ■

КормоРесурс
ТЕХНОЛОГИИ ВАШЕГО УСПЕХА

 kombikorm.ru
 +7 (473) 300-00-33
 info@kombikorm.ru

На правах рекламы

ИНФОРМАЦИЯ



24–28 июня 2024 г. в Санкт-Петербурге пройдет очередная сессия «ШКОЛЫ ЭФФЕКТИВНОГО КОРМЛЕНИЯ»

Организатор — ООО «КормоРесурс»

Участников ждет:

- детальное изучение программы «Корм Оптима»;
- мастер-классы от разработчиков программы;
- все новое и актуальное в кормлении моногастричных животных;
- отработка практических навыков составления эффективных кормовых программ;
- общение с единомышленниками и ведущими специалистами отрасли;
- интересная культурная программа, незабываемая атмосфера «белых ночей».

Каждая новая версия программы «Корм Оптима» значительно отличается от предыдущих благодаря постоянному развитию и совершенствованию, внедрению новых алгоритмов, минимизации человеческого фактора и др. Если пользователь не обновляет на нее подписку или не использует все ее возможности, он теряет 3–5% кормового бюджета, не реализует максимально генетический потенциал продуктивности животных, увеличивает рабочее время специалистов-рецептологов, допускает погрешности в связи с человеческим фактором, не обеспечивает необходимой защиты от внешних воздействий.

Научиться работать в программе «Корм Оптима», повысить уровень профессиональной подготовки возможно в рамках образовательного проекта «Школы эффективного кормления». По окончании семинара от компании «КормоРесурс» выдается сертификат о прохождении обучения.



Мероприятие пройдет в отеле «Санкт-Петербург» по адресу:
г. Санкт-Петербург, Пироговская набережная, д. 5/2

