

Аминокислоты — заменяемые и незаменимые

Николай РАЗУМОВСКИЙ

Дмитрий СОБОЛЕВ, кандидаты биологических наук
ВГАВМ

В связи с увеличением продуктивности крупного рогатого скота нормы его кормления необходимо постоянно корректировать. Очень важно уделять внимание белковому и аминокислотному питанию коров, особенно в переходный (транзитный) период — за две-три недели до отела и в первые две-три недели после него, а также при выходе животных на пик молочной продуктивности.

При оценке протеиновой обеспеченности рационов необходимо учитывать уровень и характер синтетических микробиальных процессов, протекающих в преджелудках жвачных, степень усвоения и использования кормового и микробного белка в организме, содержание и комплектность аминокислот в белке, а также физиологическое состояние и удойность коровы.

В последние 20 лет появились научно обоснованные рекомендации по нормированию рационов для молочного поголовья, в соответствии с которыми корма оценивают по концентрации обменного белка и усвояемых аминокислот, причем учитывают затраты этих элементов на поддержание продуктивности, на развитие плода и т.д.

Аминокислоты — жизненно важные питательные вещества, основные строительные блоки организма (они образуют полипептиды и в конечном итоге — белки). В аминокислотах обязательно присутствуют карбоксильная группа (COOH), аминогруппа (NH₂) и боковая цепь (радикал). Друг от друга аминокислоты отличаются составом боковой цепи: именно от радикала зависят строение и свойства аминокислот.

В организме аминокислоты участвуют в синтезе азотистых оснований для нуклеиновых кислот и низкомолекулярных биологически важных соединений. Так, тирозин (он естественным образом вырабатывается из другой аминокислоты — фенилаланина) формирует структуру гормонов щитовидной железы и мозгового вещества надпочечников.

Энергетическая функция аминокислот становится значимой при голодании, различных патологиях (в частности, при кетозе и поражении печени), а также при концентратном типе кормления.

Ветеринарные врачи используют аминокислоты в качестве лечебно-профилактических препаратов. Хорошо зарекомендовали себя защищенные от распада в рубце незаменимые аминокислоты метионин и лизин. Метионин содержит мобильную метильную группу (—CH₃), которая в результате реакций метаболизма переносится на ряд субстратов. Благодаря этому метильная группа участвует в синтезе холина и фосфолипидов, а также в обмене витаминов B₁₂ и B₉.

Метионин в активной форме обладает детоксицирующими свойствами и оказывает гепатопротекторное действие, поэтому его используют для профилактики и лечения различных заболеваний печени.

В ходе эволюции жвачные животные, как и человек, утратили способность синтезировать почти половину из 20 незаменимых аминокислот, входящих в состав белков. Чтобы обеспечить нормальный рост и поддерживать баланс азота в организме, в рационы включают аминокислоты.

К незаменимым относят аминокислоты, образование которых идет в несколько этапов с участием большого количества ферментов, кодируемых многими генами. Следовательно, синтез аминокислот — очень сложный для организма процесс (в организме жвачных эту функцию частично выполняет симбиотическая микрофлора). Поэтому организму проще не

производить недостающие аминокислоты, а получать их извне, например с кормом.

Заменяемыми называют аминокислоты, которые организм способен свободно синтезировать из других веществ, в частности из аминокислот, углеродный скелет которых образуется в ходе обменных реакций и каким-либо способом присоединяется к себе новую аминогруппу. Заменяемые аминокислоты играют такую же важную роль, как и незаменимые.

Абсолютно незаменимых аминокислот восемь: метионин, лизин, триптофан, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин и треонин. Аргинин и гистидин являются частично заменяемыми (в организме животных, особенно молодняка, их вырабатывается недостаточно), поэтому при балансировании рационов эти две аминокислоты относят к незаменимым. Тирозин и цистеин — условно заменяемые аминокислоты, так как для их синтеза нужны незаменимые аминокислоты фенилаланин и метионин.

Биологическая ценность растительного белка значительно ниже, чем биологическая ценность бактериального протеина (его производит микрофлора рубца). Он служит источником незаменимых аминокислот для крупного рогатого скота. Если потребность коров средней продуктивности в незаменимых аминокислотах полностью покрывается за счет их синтеза в организме, то потребность высокоудойных животных необходимо удовлетворять путем ввода незаменимых аминокислот в кормосмесь.

При балансировании рационов нужно учитывать, что концентрация лизина в сыром протеине должна достигать 4%, а метионина — 2%. Источником этих элементов могут быть защищенные от распада в рубце синтетические аминокислоты, основной недостаток которых — высокая стоимость. Расходы можно оптимизировать, применяя сено и сенаж. Протеин ка-



чественных травяных кормов полноценный, то есть, в отличие от протеина зерна злаковых и бобовых культур, характеризуется полным набором незаменимых аминокислот.

Главными регуляторами аминокислотного метаболизма являются соматотропин (один из гормонов передней доли гипофиза), инсулин (гормон поджелудочной железы), инсулиноподобный фактор роста-1 (сложный гормон, вырабатываемый печенью) и половые гормоны. Все они способствуют поступлению аминокислот из крови в органы и ткани (в том числе в вымя), в результате чего в них активизируется синтез белка.

Тиреоидные гормоны (синтезируются щитовидной железой) и глюкокортикоиды (вырабатываются корой надпочечников) в организме взрослых животных улучшают распад белка и способствуют его обновлению. За счет этого в крови и тканях, особенно печени, увеличивается фонд свободных аминокислот.

Ключевую роль в регуляции метаболизма играет печень. Ее рецепторы распознают аминокислотный состав поступающей крови и соотношения в ней аминокислот, после чего передают сигналы в гипоталамус, участвуя тем самым в регуляции пищевого поведения животного.

В научной литературе есть информация о том, как имбаланс (дефицит или избыток) той или иной аминокислоты влияет на потребление корма. До тех пор пока в организм не поступит нужное количество недостающей или отсутствующей аминокислоты, аппетит у коровы не появится.

Большая часть аминокислот, за исключением валина, лейцина и изолейцина, метаболизируется в печени. Это объясняется тем, что в ней идет синтез собственных белков и белков крови (альбуминов, глобулинов, фибриногена), а также дезаминирование и переаминирование аминокислот. Для общего синтеза всех белков организм использует свободные аминокислоты, фонд которых формируется из аминокислот, поступающих в кровь из желудочно-кишечного тракта.

Интенсивность биосинтеза белков в тканях зависит от содержания аминокислот в крови. Так, из-за отсутствия или дефицита какой-либо незаменимой аминокислоты снижается концентрация матричных (информационных) РНК и замедляется биосинтез белка.

Есть ли разница между белком и сырым протеином? Под сырым протеином

понимают все азотсодержащие вещества корма, то есть смесь белков и небелковых азотсодержащих веществ.

В основных растительных кормах (за исключением жмыхов, шротов и др.) концентрация протеина невелика — 10–15% от общего количества сухого вещества. Для жвачных животных дополнительным источником протеина служит микробный белок (в рубце коров образуется около 1,5 кг микробного белка, что позволяет удовлетворить потребность организма в нем на 60–70%). Вырабатываемый микрофлорой протеин характеризуется хорошим качеством и полноценностью, а скорость его синтеза в рубце почти в десять раз выше, чем в тканях организма. По этой причине коровы средней продуктивности малочувствительны к недостатку аминокислот в рационе.

Чем выше расщепляемость протеина в рубце, тем быстрее из него высвобождается аммиак. Неконтролируемое нарастание концентрации свободного аммиака в крови ведет к интоксикации организма. Гомеостаз аммиака поддерживается за счет его обезвреживания в печени. Процесс удаления аммиака протекает с образованием мочевины. При необходимости она может поступать в рубец со слюной, где азот вновь используется для синтеза микробного протеина.

Кроме белков, в обмене азота в организме коров участвуют небелковые азотсодержащие вещества — свободные аминокислоты, пептиды, амиды, нитраты, пиримидиновые и пуриновые азотистые основания и т.д. В рубце основная часть белков и других соединений азота под действием бактерий и простейших превращается в расщепляемый в рубце протеин. Термины «расщепляемый в рубце белок» и «распадаемый в рубце белок» равнозначны. В сычуг и другие нижележащие отделы пищеварительного тракта в неизменном виде поступает 25–40% белка. Его принято называть нерасщепляемым в рубце (транзитным) протеином. Часть сырого кормового белка, усвоившегося в организме коровы, — это обменный белок.

Сегодня специалисты по кормлению крупного рогатого скота используют модель, позволяющую определить скорость расщепления протеина в рубце. Сырой кормовой белок подразделяют на три фракции, которые обозначают буквами А, В и С.

Фракция А — это поступающий с кормом и быстро (сразу же) распадающийся

ся небелковый азот. В эту фракцию также входит определенное количество истинного белка (легкорастворимые альбумины) и очень мелких пептидов. Фракция А представляет собой расщепляемый в рубце белок.

Фракция В включает белки, которые потенциально могут расщепляться. Поэтому фракцию В следует рассматривать с точки зрения скорости перемещения белка из рубца в сычуг. Обычно скорость расщепления белка варьирует от 0,1 до 15% в час. Фракцию В принято называть нерасщепляемой.

Фракция С представляет собой нерасщепляемые в рубце и в большей степени неперевариваемые в кишечнике белки клеточных стенок растений (кислотно-детергентный нерастворимый сырой белок и нейтрально-детергентный нерастворимый сырой белок), а также денатурированные вследствие нагревания белки. Фракцию С определяют как часть сырого белка, остающегося неизменным после инкубации в рубце в течение двух суток. Фракция С — это кислотно-детергентный и нейтрально-детергентный протеин.

Количество расщепляемого в рубце белка зависит от массовой доли небелкового азота, от концентрации истинного белка и его физических и химических свойств (чем выше число дисульфидных связей, тем ниже расщепляемость белка).

Компоненты небелкового азота — свободные аминокислоты, пептиды и амиды — в рубце распадаются быстро. Поэтому расщепляемость небелкового азота принимают за 100%. Различия между белками по скорости расщепления обусловлены различиями их третичной структуры (пространственного расположения молекулы, стабилизируемой связями между боковыми радикалами аминокислот), внутренних и внешних молекулярных связей, а также особенностями клеточных стенок и антипитательными факторами корма.

По мере уменьшения влажности травяных кормов расщепляемость протеина снижается (в сенаже — до 65–63%, в сене — до 55–52%). Поэтому в рационах для коров долю кормов, характеризующихся низкой и средней скоростью расщепления протеина (зерно кукурузы, соевый шрот, сено и сенаж), необходимо увеличивать, а долю кормов, характеризующихся высокой скоростью расщепления протеина (высоковлажный силос, зерно злаковых и бобовых культур, подсолнечный и рапсовый шроты), — уменьшать.

Контроль расщепляемости протеина в кормосмесях способствует повышению (на 15–20%) его использования в организме животных. При гранулировании, экструдировании и экспандировании белковых кормов расщепляемость протеина существенно снижается.

Нормирование рационов по переваримому белку не дает полного представления ни о количестве аминокислот, поступающих из кишечника в кровь, ни о степени обеспеченности организма аминокислотами. Их концентрацию определяют по массовой доле белков, попадающих в тонкий отдел кишечника.

В сычуг и тонкий кишечник поступают переработанный микрофлорой расщепляемый протеин (микробный сырой белок), не распавшийся в рубце кормовой белок (25–40% от всего белка, содержащегося в корме) и определенное количество эндогенного белка. Под воздействием сычужных и кишечных ферментов белки распадаются до аминокислот, которые всасываются через кишечную стенку в кровь и используются организмом для поддержания обмена веществ и для производства продукции (синтез молока, прирост живой массы и т.д.).

Поскольку доля обменного белка, образующегося из расщепляемого в рубце протеина, не превышает 50%, в рационах для высокопродуктивных коров концентрация защищенного от распада в рубце белка должна быть не менее 40%, легкорасщепляемых протеинов — около 15%, кислотно-детергентного протеина — 5–6%, микробного сырого белка — 35%.

Из-за разнообразия аминокислотного состава кормосмесей и неодинаковой потребности животных в разных аминокислотах сложно рассчитать протеиновую питательность рационов. По этой причине специалисты ввели такое понятие, как качество белка, в соответствии с которым полноценный белок должен содержать абсолютно все незаменимые аминокислоты, а соотношение между заменимыми и незаменимыми аминокислотами должно быть оптимальным (68 : 32).

Позже стали использовать термин «лимитирующие аминокислоты». Они входят в состав белков в малых количествах и не покрывают физиологическую потребность организма в аминокислотах. Отсутствие одной аминокислоты препятствует использованию других аминокислот, которых может быть достаточно. В кормосмесях для молочного скота необходимо контролировать содержание метионина,

лизина, триптофана, лейцина, изолейцина и валина.

По аминокислотному составу наиболее полноценным является рацион, в котором на 1 часть триптофана приходится 5 частей лизина, 4,5 части лейцина, 4 части валина и фенилаланина, 3 части метионина, 2,5 части изолейцина и треонина, 1,5 части гистидина. По набору аминокислот полноценный белок идентичен усредненному белку организма животного, поэтому он легко переваривается в желудочно-кишечном тракте.

Факторы, влияющие на доступность аминокислот:

- избыточная тепловая обработка компонентов комбикорма (в то же время при оптимальных режимах сушки зерна злаковых и бобовых культур доступность аминокислот улучшается);
- антитрипсиновые и другие факторы (наличие в кормовом сырье алкилрезорцинолов, фитиновой кислоты, алкалоидов и некрахмалистых полисахаридов);
- длительное хранение зерна и комбикормов, особенно в помещениях, где влажность и температура воздуха превышают норму;
- лигноцеллюлозная структура клеточных стенок кормовых растений (это препятствует контакту протеолитических ферментов и белков).

Доступность аминокислот (в частности, лизина, имеющего свободную ε-аминогруппу) снижается из-за образования соединений, не подверженных воздействию протеаз. Например, при нарушении технологии заготовки сенажа и силоса (когда температура в траншеях достигает 50 °С и более) лизин взаимодействует с углеводами и с редуцирующими и нередуцирующими сахарами (сахарозой, глюкозой, раффинозой и др.), в результате чего образуются меланоиды.

В переходный период в организме коров происходят серьезные физиологические изменения, связанные с подготовкой к отелу и лактации. Животные потребляют меньше сухого вещества рациона. Это объясняется тем, что часть брюшной полости занимает растущий плод, а значит, объем рубца и количество полезной микрофлоры уменьшаются.

Корова испытывает дефицит доступной энергии, необходимой для покрытия потребностей организма, вследствие чего возникает отрицательный энергетический баланс, нарушается работа печени, снижается резистентность, развивается

субклинический кетоз и другие метаболические заболевания.

Когда недостаток энергии в организме становится критическим, в крови нарастает концентрация свободных жирных кислот, изменяется жирнокислотный состав мембран клеток и снижается чувствительность рецепторов к инсулину. Из-за этого нарушается поступление глюкозы в клетки и у животных ухудшается аппетит.

Низкий уровень потребления сухого вещества рациона — основная причина дефицита энергии и еще более интенсивной мобилизации жира из депо. В конечном итоге в клетках печени накапливается большое количество жиров. Они не выводятся в виде липопротеинов разной плотности из-за недостатка белка и фосфолипидов. Отрицательно сказывается нехватка метионина, полиненасыщенных жирных кислот и витаминов — холина, пиридоксина, фолиевой кислоты и цианокобаламина.

Организм активно задействует собственные резервы — жиры, белки и гликоген. В начале лактации потери белка могут достигать 20 кг на голову. Большую его часть коровы мобилизуют из скелетных мышц, меньшую — из крови, кожных покровов и т.д. Высвободившиеся аминокислоты активно используются для синтеза белка молока, для восполнения дефицита энергии и получения других биологически активных веществ (реакция прямого окисления) или для образования глюкозы из неуглеводных соединений (глюконеогенез).

Некоторые зарубежные ученые убеждены, что нехватка лизина приводит к нарушению синтеза инсулинзависимого белка — переносчика глюкозы (ГЛЮТ-4) и отрицательно сказывается на усвоении кальция в тонком кишечнике.

Оценка белковой питательности рационов только по содержанию в них сырого и переваримого белка недостаточна для обеспечения полноценного аминокислотного питания крупного рогатого скота. Метионин и лизин — наиболее важные для высокопродуктивных коров аминокислоты. Грамотное их использование в транзитный период позволяет улучшить работу печени, укрепить иммунитет и на оптимальном уровне поддерживать обменные процессы, протекающие в организме животных. Благодаря этому можно сохранить продуктивность поголовья и повысить качество молока.

ЖР

Республика Беларусь