

Управляем синтезом бактериального протеина

Николай РАЗУМОВСКИЙ, кандидат биологических наук
Витебская ГАВМ

Для образования белка молока необходимы незаменимые аминокислоты. Данные исследований показывают, что из организма высокопродуктивной коровы ежедневно с молоком выделяется до 1400 г белка, характеризующегося исключительно полезным набором аминокислот. Важный элемент рациона человека — полноценный белок, усваивающийся на 96–98%. Особенно он необходим детям, ведь растущему организму постоянно требуется строительный материал для формирования мышечной ткани и поддержания иммунитета. Для синтеза молочного белка коровы используют незаменимые аминокислоты, входящие в состав протеина кормов (не расщепляемый в рубце протеин) и в состав протеина, вырабатываемого микрофлорой и микрофауной преджелудков.

В сухом веществе (СВ) основных растительных компонентов рациона (исключение — жмыхи, шроты и другие высокобелковые добавки) содержание сырого протеина невелико (10–16%), да и его полноценность оставляет желать лучшего. Для жвачных животных источником полноценного протеина является микробный белок, а значит, необходимо не только контролировать его синтез в рубце, но и управлять этим процессом.

В организме крупного рогатого скота ежедневно образуется до 1800 г микробного белка, что составляет 60–70% от суточной потребности в нем. Вырабатываемый микрофлорой протеин характеризуется хорошим качеством.

Установлено, что при скармливании стандартных кормосмесей в рубце жвачных животных количество бактериального протеина составляет около 120 г на 1 кг органического вещества потребленного корма. Также известно, что в рубце синтез микробного белка протекает нормально, если на 1 МДж обменной энергии

(ОЭ) приходится 7,7–8,6 г расщепляемого протеина. В научной литературе есть информация о том, что в преджелудках высокопродуктивных коров образуется на 5–10% больше микробного протеина, чем в преджелудках низкопродуктивных особей. Однако, как показали данные исследования, уровень обеспеченности высокоудойных животных бактериальным белком часто оказывался ниже, чем уровень обеспеченности этим веществом менее удойных коров. Вот почему среднепродуктивные особи малочувствительны к недостатку аминокислот в рационе.

Также было установлено, что скорость образования протеина в преджелудках почти в десять раз превышает скорость образования белка в тканях коровы.

Рубец жвачных животных часто сравнивают с биохимическим реактором, в котором интенсивно протекают процессы переваривания кормов, синтеза белка и других питательных веществ. Удой, характер метаболизма в организме коров и состояние их здоровья во многом зависят от каче-

ства рубцового пищеварения (в рубце переваривается 70–80% сухих веществ рациона).

При эффективной работе микроорганизмов рубца жвачные животные получают около 70% энергии (она образуется при окислении летучих жирных кислот). Жизнедеятельность рубцовой микрофлоры и микрофауны — естественный процесс, результат симбиоза бактерий и макроорганизма. Непрерывное поступление слюны в рубец (в норме — 170–190 л/сут.) поддерживает рН его содержимого на оптимальном уровне. При периодическом поступлении корма и воды в рубец, при всасывании через его стенку метаболитов (продукты обмена микроорганизмов), а также при поступлении ряда веществ с кровью в рубце создаются благоприятные условия для роста большого количества популяций простейших, бактерий и грибов.

В преджелудках коровы вес общей бактериальной массы варьирует от 6 до 8 кг. В 1 мл рубцовой жидкости содержится от 6 до 40 млрд бактерий. Их состав весьма разнообразен — около 150 видов. В рубце также постоянно обитает примерно 23 вида обладающих целлюлозолитической активностью грибов (дрожжи и плесени). Они участвуют в синтезе аминокислот, гликогена и липидов.

В преджелудках жвачных животных выявили почти 60 видов инфузорий (их общая масса достигает 3 кг). Эти микроорганизмы измельчают и разрыхляют частицы корма, ферментируют сахара, накапливают полисахариды и белок. В 1 мл рубцовой жидкости содержится 300–400 тыс. (иногда — несколько миллионов) инфузорий.

Рубцовые бактерии, грибы и простейшие синтезируют большое количество незаменимых аминокислот. Микробный белок характеризуется высокой биологической ценностью. В организме жвачных животных обмен азотистых веществ протекает не так, как в организме других млекопитающих. Например, коровы могут практически полностью удовлетворить свою потребность в незаменимых аминокислотах (даже при их дефиците в рационе) за счет микробного протеина.

Белки и азотистые соединения, поступающие в организм с кормом, трансформируются преимущественно в преджелудках, после чего попадают в другие отделы желудочно-кишечного тракта. Бактериальные протеазы — сложные ферменты. Они содержатся в рубце независимо от условий кормления крупного рогатого скота. К тому же количество бактериальных протеаз не зависит от уровня протеинов в рационе. В рубце под действием протеолитических ферментов протеин расщепляется на пептиды, аминокислоты, аммиак и фрагменты углеродной цепи. Максимальную протеолитическую активность ферментов регистрируют тогда, когда рН содержимого рубца варьирует от 6,4 до 7. Большую часть протеолитических ферментов продуцируют бактерии, меньшую — простейшие.

В питании коров важную роль играют микрофлора и микрофауна рубца. Вырабатываемые микроорганизмами ферменты расщепляют протеин, сахара, целлюлозу, пектины и крахмал кормов до веществ, которые служат строительным и энергетическим материалом. Образующиеся в процессе переваривания корма продукты бактерий и простейшие используют для синтеза собственного протеина, характеризующегося высокой биологической ценностью. Микробный белок переваривается в сычуге и в тонком кишечнике, а затем используется для синтеза белков тела и молока.

В норме в преджелудках жвачных животных рубцовые микроорганизмы синтезируют до 2 кг протеина в сутки, то есть столько, сколько его содержится в 5 кг подсолнечного шрота. При этом микробный белок имеет явные преимущества перед протеином шрота, что обусловлено большей

концентрацией в нем незаменимых аминокислот, таких как метионин и триптофан.

Важно понимать, как образуется белок в рубце, и создавать для этого оптимальные условия, например, поддерживать близкий к нейтральному (6,4–6,8) уровень рН рубцовой жидкости. Тогда наиболее активно начинают работать полезные микроорганизмы, особенно целлюлозолитические (они расщепляют клетчатку). В этом случае синтез микробного белка будет максимальным.

Обычно микроорганизмы рубца нуждаются в веществах, при распаде которых образуется аммиак (белки, мочевины, аммонийные соли и т.д.), а также в витаминах, углеводах, макро- и микроэлементах. Практический интерес представляет включение в рацион компонентов, активизирующих рост рубцовых бактерий. Такие стимуляторы были обнаружены в листьях люцерны, клевера и тимофеевки, в соевых бобах, пивных дрожжах, а также в сене и сенаже.

Рубцовая микрофлора быстрее развивается под действием смеси аминокислот — валина, лизина, изолейцина, пролина, аланина и метионина. Витамины группы В и минеральные добавки, в состав которых входят железо, цинк, йод, марганец, кобальт, селен, кальций, фосфор, сера, натрий, калий и магний, положительно влияют на рост бактерий рубца. Направленность протекающих в нем микробиологических процессов зависит от соотношения отдельных питательных веществ и компонентов в кормосмеси.

Наилучшей способностью к синтезу белка обладает микрофлора, формирующаяся в рубце жвачных животных при скармливании им рационов, содержащих 18–20% сырой клетчатки в СВ. Увеличение в кормосмеси доли концентратов и снижение в ней уровня структурной клетчатки — основная причина развития микробной ассоциации, вырабатывающей масляную кислоту. Это, как показывает практика, приводит к возникновению кетоза.

Установлено, что под действием бактериальных ферментов белок корма расщепляется до аминокислот, а затем (при определенных условиях) — до аммиака, двуокиси углерода и летучих жирных кислот. Скорость гидролиза протеина корма определяют по кон-

центрации аммиака в рубцовом содержимом. На долю аммиака приходится 80–95% от общего количества небелковых азотистых веществ, образующихся в преджелудках.

Исходное соединение, необходимое для синтеза микробного протеина, — аммиак. В норме его концентрация в рубцовой жидкости составляет 4,7–5,8 ммоль/л. Данные исследований свидетельствуют о том, что этот показатель может варьировать в широком диапазоне (от 6 до 17,5 ммоль/л) в зависимости от содержания в рационе азотистых веществ, времени их переваривания, скорости расщепления бактериальными ферментами, количества микроорганизмов в рубце, а также от интенсивности всасывания аммиака через стенки преджелудков и масштаба использования этого соединения в системе кровообращения животных.

При избытке легкорасщепляемых азотистых веществ в рубце значительная часть аммиака попадает в кровь. При повышении в ней уровня аммиака у коров нарушается функционирование центральной нервной и эндокринной систем, внутренних органов, в том числе печени и сердца.

Аммиак прерывает в организме цикл трикарбоновых кислот, в результате чего ухудшается утилизация уксусной кислоты и замедляется образование шавелевоуксусной кислоты (она синтезируется из глюкозы, гликогена и некоторых аминокислот). При дефиците шавелевоуксусной кислоты из уксусной кислоты образуется большое количество бета-оксимасляной, ацетоуксусной кислот и ацетона (кетонные тела), что также провоцирует развитие кетоза у коров.

Напомню: рубцовые бактерии не только синтезируют протеин из простых азотсодержащих соединений, но и сами являются его источником (микроорганизмы перевариваются в пищеварительном тракте, благодаря чему животные получают больше биологически полноценного белка). Экосистема рубца, состав микрофлоры и микрофауны или их активность изменяются даже при незначительном отклонении показателей (рН рубцового содержимого, уровень в рационе расщепляемого и не расщепляемого в рубце протеина, концентрация структурной клетчатки в СВ, влажность кормосмеси и обеспеченность ее сахарами, минералами

и витаминами) от оптимальных значений. В результате нарушается функция преджелудков, ухудшается синтез микробного белка и снижается молочная продуктивность коров.

Для выработки бактериального протеина микроорганизмам рубца необходима энергия, а она, как известно, образуется при окислении углеводов и других органических веществ. Чтобы повысить эффективность использования протеина кормов в организме жвачных животных, нужно поддерживать оптимальный углеводный фон рационов за счет включения в него растительных кормов. Данные исследований свидетельствуют о том, что в рациях на долю углеводов приходится 70–80% от общего количества органического вещества.

В грубых кормах значительный удельный вес (от 25 до 35% в пересчете на СВ) имеет клетчатка. В ходе эволюции крупный рогатый скот хорошо приспособился к потреблению и перевариванию больших объемов вегетативной массы растений. Клетчатка — питательное вещество, количеством которого в значительной степени определяется объем рациона. К тому же клетчатка играет важную роль не только в регуляции рубцового пищеварения жвачных животных, но и в бактериальном синтезе протеина.

Микрофлоре преджелудков нужны легкоперевариваемые углеводы — сахара и крахмал. Процесс образования белка в рубце протекает нормально, если в СВ кормосмеси содержится 6–8% сахаров и 22–28% крахмала. Активность рубцовых бактерий всегда усиливается при включении в рацион легкоперевариваемых углеводов, а также фосфора, серы, кобальта, магния, цинка, йода и других минералов.

Деятельность рубцовых микроорганизмов заметно ухудшается при ацидозе, поскольку эта достаточно широко распространенная патология сопровождается снижением рН содержимого рубца. Основные причины возникновения заболевания — одностороннее силосно-концентратное кормление коров, недостаток грубых кормов в рационе, превышение суточной нормы зерновых кормов, а также скармливание очень влажных кормосмесей и зеленой массы кукурузы, убранной в фазы молочной и молочно-восковой спелости зерна.

В преджелудках легкоусвояемые углеводы (сахара, крахмал) сбраживаются до молочной кислоты. При избытке в рационе легкоусвояемых углеводов рН рубцовой жидкости снижается до 5,4–5. Из-за этого угнетается жизнедеятельность бактерий и инфузорий, сокращается их численность и изменяется видовой состав. В результате в преджелудках ослабевает интенсивность ферментативных процессов, следовательно, ухудшается переваривание кормов.

Кислая среда рубца отрицательно влияет на его эпителий: сосочки становятся отечными, гиперемизированными, часто некротизируются. Через поврежденный эпителий рубца в кровь всасываются патогенные микробы (могут вызывать абсцессы в печени и почках) и токсические продукты. При низком рН содержимого рубца разрушаются некоторые аминокислоты. Процесс их распада сопровождается образованием ядовитых аминов (гистамин, кадаверин), которые, попадая в кровь, вызывают различные патологические реакции в организме. Действием протеиногенных аминов объясняют развитие у скота ламинита, а также гипо- и атонии преджелудков.

Ошибки в кормлении, которые приводят к нарушению синтеза протеина в рубце:

- резкий перевод сухостойных коров на рационы для животных на раздое;
- скармливание большого количества переокисленных кормов — силоса, свекловичного жома, послеспиртовой барды;
- сверхнормативный ввод в рацион кормов, богатых легкоферментируемыми углеводами, — крахмалом (зерно ржи, пшеницы, ячменя, тритикале) и сахарами (патока, зеленая масса кукурузы);
- дефицит в кормосмеси кормов, стимулирующих жвачку.

В рационы для коров нужно включать сено (источник структурной клетчатки). Оно нормализует рубцовое пищеварение, укрепляет жевательную мускулатуру и активизирует моторику рубца. В сене содержатся сахара. Они очень медленно гидролизуются в преджелудках, благодаря чему жизнедеятельность микроорганизмов поддерживается на протяжении 6–7 часов.

Протеин сена наполовину представлен не расщепляемыми в рубце фракциями, что выгодно отличает его от протеина зерновых кормов, силоса, подсолнечного и рапсового шротов (в этих кормах доля не расщепляемого в рубце протеина составляет 10–20%).

При скармливании качественного сена нормализуется деятельность рубцовых микроорганизмов, а значит, улучшается синтез бактериального протеина. К тому же в сене есть все необходимые жвачным животным макро- и микроэлементы, витамины D и E, а также каротин. Важно, чтобы сено было хорошо обильным и не огрубевшим (доля сырой клетчатки в нем не должна превышать 26%). Скот охотно потребляет такой корм.

Для оптимизации рубцового пищеварения в рацион включают богатую клетчаткой солому (она выполняет функцию механического активатора жвачки). У животных, получающих этот вид корма, выделяется достаточное количество слюны и формируется мат в рубце, оказывающий колюще-жгучее действие на его стенку и удерживающий кормовые частицы на поверхности рубцовой жидкости. Используемая на корм солома должна быть сухой, чистой (не загрязненной землей), свободной от плесневых грибов и гнилостной микрофлоры. Максимального эффекта достигают при вводе в кормосмесь измельченной соломы (длина частиц — 2–3 см). Практика показывает, что в середине и в конце лактации, а также в первую фазу сухостойного периода целесообразно ежедневно давать животным по 1,5–2 кг соломы.

Один из компонентов кормосмеси для крупного рогатого скота — кукурузный силос, содержащий не менее 30% СВ. Важно, чтобы зерно (самая питательная часть корма) было раздробленным. В противном случае оно не будет перевариваться микроорганизмами и в неизменном виде выделится с калом. Оптимальная величина частиц кукурузы, убранной в фазу молочно-восковой спелости зерна, — 2 см, а скошенной в фазу молочной спелости зерна — 3–4 см.

Недопустимо измельчать растительное сырье до 0,5–1 см. В этом случае значительно увеличивается потеря питательных веществ и существенно ухудшается процесс ферментации си-

лоса. Скармливание коровам такого корма приводит к закислению рубца. Следует помнить о том, что на рубцовом пищеварении отрицательно сказывается ввод в рацион силоса влажностью 80–85%. Животные его практически не пережевывают, в результате чего у них снижается выработка слюны и развивается ацидоз.

Для активизации жвачки и моторики преджелудков специалисты рекомендуют давать коровам сенаж влажностью 55–60%. Как и сено, он является источником сахаров, структурной клетчатки, протеина, минеральных веществ и витаминов. По сравнению с силосом сенаж — более пресный корм, его рН близок к значению рН содержимого рубца. Потребление сенажа, величина частиц которого составляет 3–4 см, положительно сказывается на процессах жвачки и на рубцовом пищеварении. В СВ сенажа концентрация сырой клетчатки не должна превышать 26%, иначе использование питательных веществ в организме животных заметно ухудшится.

Для рубцовых микроорганизмов, содержащиеся в корнеплодах и патоке сахара служат хорошим источником энергии, но они гидролизуются бактериями очень быстро, в течение 40–50 минут. При этом образуется большое количество молочной кислоты. Вот почему суточную норму корнеплодов и патоки следует делить на 2–3 порции.

В рубце крупного рогатого скота крахмал злаковых культур — пшеницы, ячменя, тритикале, ржи — быстро ферментируется (процесс протекает с образованием молочной кислоты), а значит, разовая порция зерна не должна превышать 2 кг. Основная причина закисления рубца — скармливание коровам тонкоразмолотого зерна. Его целесообразно включать в состав гранулированных комбикормов в доле 35–40%.

В отличие от зерна пшеницы, ячменя, тритикале и ржи зерно кукурузы содержит стабильный крахмал, который медленно гидролизует в рубце. Это позволяет на протяжении длительного времени обеспечивать рубцовую микрофлору энергией. Ввод в комбикорм 30–40% зерна кукурузы активизирует микробиальные процессы и усиливает синтез бактериального белка.

Протеин подсолнечного и рапсового жмыхов и шротов расщепляется микроорганизмами рубца на 80–90%, что ведет к неэффективному его использованию (значительная часть азота в виде аммиака выводится из организма). Такие высокобелковые добавки необходимо экструдировать и включать в состав гранулированных комбикормов.

На рубцовом пищеварении положительно сказывается скармливание зерносенажа. Зерно с неповрежденной оболочкой медленно переваривается в рубце, благодаря чему в нем замедляется образование кислот. Измельченные полые стебли зернофуражных культур формируют плотный мат. За счет этого у коров активизируются жвачка и моторика преджелудков.

Данные многочисленных исследований свидетельствуют том, что эффективность кормления существенно повышается при скармливании кормосмесей, которые, в отличие от задаваемых отдельно кормов, характеризуются постоянной кислотностью. Если влажность кормосмесей окажется более 60%, у животных снизится выделение слюны и нарушится жвачка, а значит, увеличится риск развития ацидоза. Чтобы исключить избирательное поедание отдельных кормов (сортировка), все компоненты рациона нужно тщательно перемешивать.

Переводить поголовье на другую кормосмесь необходимо постепенно, так как при резкой смене рациона в рубце коров изменяется видовой состав микрофлоры, ухудшаются переваривание и усвоение питательных веществ в организме, а кроме того, снижается молочная продуктивность. Микробиом рубца восстанавливается лишь через 3–4 недели с начала потребления новой кормосмеси. Не стоит пренебрегать углеводно-минеральными брикетами-лизунцами. При их применении углеводы поступают в преджелудки небольшими порциями и хорошо используются рубцовой микрофлорой.

Для оптимизации синтеза бактериального протеина нужно поддерживать структуру рационов и не нарушать технологию кормления. При составлении рационов для крупного рогатого скота необходимо учитывать следующие требования:

- уровень сырой клетчатки в кормосмеси — не менее 16%;

- концентрация в кормосмеси расщепляемого в рубце протеина — 60–65% от общего количества сырого протеина;

- доля концентратов в рационах — до 40–45% по питательности;
- доля в кормосмеси грубых кормов, содержащих структурную клетчатку (сено, солома), — не менее 2,5 кг;

Во избежание нарушения жизнедеятельности рубцовой микрофлоры специалисты рекомендуют ограничить ввод в рацион сырого жира и растительных масел соответственно до 5 и 2,5% от общего количества СВ, не включать в кормосмесь очень влажные корма и компоненты низкого качества. В СВ объемистых кормов концентрация ОЭ должна быть не менее 9,6 МДж, сырого протеина — 14–15%, а сырой клетчатки — не более 26%. В силосе и сенаже доля масляной кислоты не должна превышать 0,2%, а массовая доля уксусной кислоты в сумме всех кислот — 40%.

Необходимо скармливать кормосмеси (их следует подгребать на кормовом столе 7–8 раз в сутки), поскольку применение такой технологии кормления позволяет предотвратить сортировку кормов животными и предупредить развитие у них ацидоза. При переводе поголовья с одних рационов на другие долю крахмала, сахаров, жиров и органических кислот в кормосмеси нужно изменять постепенно. Разница между содержанием этих веществ в предыдущем и новом рационах не должна превышать 10%.

Обеспеченность кормосмесей минеральными веществами и витаминами способствует активизации рубцовых бактерий. Для этого разрабатывают адресные комбикорма и премиксы с учетом фактического состава кормов на предприятиях. В преджелудках дрожжевые культуры используют молочную кислоту и тем самым стимулируют пищеварение. Моцион помогает утилизировать кислоты в организме и поддерживать оптимальный рН содержимого рубца.

Таким образом, создавая благоприятные условия для рубцовых микроорганизмов, можно управлять синтезом бактериального протеина и за счет этого удовлетворить потребность коров в нем, сохранить здоровье животных и повысить их молочную продуктивность. **ЖР**

Республика Беларусь