



ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Научная статья/Research Article

УДК 636.2:612.015.348

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-90-95

Сусанна Арестовна Пашаян^{1✉}, Богдан Александрович Вунш²

^{1,2}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹pashayansa@gausz.ru

²vunsh.ba@edu.gausz.ru

БЕЛКОВЫЙ ОБМЕН В РУБЦЕ У ДОЙНЫХ КОРОВ

Цель исследования – проведение анализа белкового обмена лактирующих коров. Белковый обмен у жвачных животных существенно отличается от нежвачных. У жвачных животных растительные корма в рубце расщепляются ферментами многочисленной и разнообразной микрофлоры. Рубцовые бактерии посредством своего синтеза преобразуют кормовые азотсодержащие вещества в высококачественные белки. Это очень важный биотехнологический процесс, происходящий в рубце жвачных животных. Бактериальные белки обеспечивают организм незаменимыми аминокислотами для поддержания жизненно важных процессов, репродукции, роста и лактации. В период лактации в молочной железе коровы происходит синтез компонентов молока и молочного белка. Обмен аминокислот и белков в молочной железе представляет собой сложный биохимический процесс, основная часть аминокислот, поступающих в молочную железу, используется для образования молочных белков. В составе молока уровень белков достигает до 30 г/л. Белки молока, особенно иммуноглобулины, играют важную роль в передаче устойчивости к болезням новорожденным телятам. Иммуноглобулины не синтезируются в молочной железе, они переходят в молоко прямо из крови коровы, их концентрация в молозиве высока. Молоко также содержит небелковые азотсодержащие вещества, которые присутствуют в молоке в очень малых количествах. Уровень белков и их состав в организме лактирующих коров зависит от микрофлоры, обитающей в рубце животных. Жвачным животным необходимо в их рационе предварительно формировать оптимальный состав аминокислот и белков, необходимо учитывать, что микробы и инфузории могут использовать и другие источники азота и синтезировать из них бактериальные белки, последние состоят из незаменимых и заменимых аминокислот. Бактериальные белки из рубца проникают в сычуг, а затем в кишечник, где происходит их расщепление до стадии аминокислот и всасывание в кровь. Необходимо учитывать, что для осуществления этих процессов организм нуждается в энергии.

Ключевые слова: жвачные животные, корова, молоко, микробы, простейшие, бактериальный белок, азотсодержащие вещества

Для цитирования: Пашаян С.А., Вунш Б.А. Белковый обмен в рубце у дойных коров // Вестник КрасГАУ. 2024. № 10. С. 90–95. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-90-95.

Susanna Arestovna Pashayan¹✉, Bogdan Alexandrovich Wunsch²

^{1,2}State Agrarian University of Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

¹pashayansa@gausz.ru

²vunsh.ba@edu.gausz.ru

PROTEIN METABOLISM IN THE RUMEN IN DAIRY COWS

The aim of the study is to analyze protein metabolism in lactating cows. Protein metabolism in ruminants differs significantly from that in non-ruminants. In ruminants, plant feed is broken down in the rumen by enzymes of numerous and diverse microflora. Rumen bacteria synthesize nitrogen-containing feed substances into high-quality proteins. This is a very important biotechnological process that occurs in the rumen of ruminants. Bacterial proteins provide the body with essential amino acids to maintain vital processes, reproduction, growth, and lactation. During lactation, the cow's mammary gland synthesizes milk components and milk protein. The exchange of amino acids and proteins in the mammary gland is a complex biochemical process; the bulk of the amino acids entering the mammary gland is used to form milk proteins. The protein level in milk reaches 30 g/l. Milk proteins, especially immunoglobulins, play an important role in transmitting disease resistance to newborn calves. Immunoglobulins are not synthesized in the mammary gland, they pass into milk directly from the cow's blood, their concentration in colostrum is high. Milk also contains non-protein nitrogen-containing substances, which are present in milk in very small quantities. The level of proteins and their composition in the body of lactating cows depends on the microflora living in the rumen of animals. Ruminants need to pre-form the optimal composition of amino acids and proteins in their diet, it is necessary to take into account that microbes and ciliates can use other sources of nitrogen and synthesize bacterial proteins from them, the latter consist of essential and replaceable amino acids. Bacterial proteins from the rumen penetrate the abomasum, and then into the intestine, where they are broken down to the stage of amino acids and absorbed into the blood. It is necessary to take into account that the body needs energy to carry out these processes.

Keywords: ruminants, cow, milk, microbes, protozoa, bacterial protein, nitrogen-containing substances

For citation: Pashayan S.A., Wunsch B.A. Protein metabolism in the rumen in dairy cows // Bulliten KrasSAU. 2024;(10): 90–95 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-90-95.

Введение. Жвачные животные относятся к полигастричным животным. Желудок у них многокамерный, состоит из трех преджелудков – рубца, сетки и книжки и одного истинного желудка – сычуга. В рубце этих животных обитают микробы и инфузории, которые играют большую роль в белковом обмене, они способны использовать многие источники азота и синтезировать из них аминокислоты и полноценные белки.

Кроме этого, у жвачных животных имеется механизм экономии азота, в котором при диете с низким содержанием азота большое количество мочевины (которая обычно выводится с мочой) возвращается в рубец, где она может быть использована микрофлорой. У животных с однокамерным желудком мочевина всегда полностью выводится из организма с мочой. Исследования показали, что коров можно кормить азотсодержащими небелковыми кормами в качестве единственного источника азота и при

этом получать 580 г/день высококачественного молочного белка и не менее 4000 кг молока в течение лактации [1].

В рубце обитают разные виды микробов, бактерий и простейших, их общее количество в 1 г рубцовой массы составляет около 10^{10} . Это уникальное сожительство – симбиоз: в рубце созданы благоприятные условия для их существования, в процессе жизнедеятельности инфузории и микроорганизмы принимают активное участие в переваривании клетчатки белков, а также синтезируют белки для своего организма. Двигаясь вместе с кормом по пищеварительному тракту, они перевариваются и используются организмом животного, обеспечивая его полноценным белком по сравнению с получаемым кормом [2].

Довольно часто производители в качестве кормового рациона применяют высокобелковые корма, что становится причиной нарушения об-

менных процессов белков и, как следствие, возникают кетозы у жвачных животных. В рубце осуществляется трансформация белков – кормовые белки разлагаются на аммиак и кислоты. Небелковый азот из корма и мочевины, переработанный в рубце, способствует также накоплению аммиака. Если уровень аммиака в рубце слишком низкий, возникает дефицит бактерий и сокращается переваримость корма [3–5]. Поэтому возникает необходимость провести исследования с целью изучения белкового обмена коров в период лактации.

Цель исследования – проведение анализа белкового обмена коров в период лактации.

Объекты и методы. Исследование по изучению белкового обмена у дойных коров проводилось в молочной ферме Галышмановского района Тюменской области и на кафедре анатомии и физиологии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья». Объектом исследования являлись лактирующие коровы молочного направления. Для исследования биохимического состава содержимого рубца брали жвачку из ротовой полости животных. Уровень основных белков в коровьем молоке определяли с помощью электрофореза. Образцы молока брали при дойке коров. Биохимические исследования проводили на кафедре анатомии и физиологии.

Результаты и их обсуждение. Белок во многом зависит от доступности энергии, вырабатываемой окислением углеводов в рубце. Синтез бактериального белка может варьироваться менее чем от 400 г/день до приблизительно 1500 г/день в зависимости от усвояемости рациона. Процент белка у бактерий варьируется от 38 до 55 % (табл. 1). Обычно белки в кормах разлагаются до стадии аминокислот (от 60 до 80 %) при участии бактериальных ферментов. Часть бактериального белка, синтезируемого в микробах и простейших, разрушается в рубце, но большая часть проникает в сычуг, прикрепленный к частицам корма. Сильные кислоты, выделяемые в сычуге, останавливают всю микробную активность, а пищеварительные – протеолитические ферменты – начинают расщеплять белки на аминокислоты [6–8].

Проведенные исследования показали, что аминокислотный состав у бактериальных белков в преджелудках жвачных относительно постоянен независимо от состава кормового белка. В бактериальном белке присутствуют все аминокислоты, в том числе незаменимые, доля которых достаточно близка доле аминокислот, необходимых для нормального функционирования органов и систем и молочной железе для синтеза молока [9, 10].

Таблица 1

Состав и переваривание веществ микрофлорой рубца, %

Показатель	Бактерии		Простейшие
	средний	диапазон	
Белок	47,6	38–55	–
Нуклеиновые кислоты	28,5	31,4–25,2	–
Липиды	7,2	4–25	–
Углеводы	11,5	6–23	–
Минералы	4,4	3,5–4,6	–
Сырой белок	62,5	31–78	25–50
Переваримость	71,0	44–86	75–85

Около 80 % белка из общего количества белков, переходящих в тонкий отдел кишечника, переваривается и всасывается, остальная часть (20 %) выводится с калом. Другим основным источником азота в фекалиях являются пищеварительные ферменты, секретируемые в кишечнике, и быстро замещаемые кишечные клетки (фекальный метаболический белок).

В среднем на каждый 1 кг прибавки съеденного кормового сухого вещества потери белка в организме увеличиваются на 33 г в кишечнике и выводятся с калом [8].

Таким образом, превращение кормового белка в полноценный бактериальный белок обычно является полезным процессом. Исключения составляют ситуации, когда поступают

высококачественный белок и аммиак, которые не используются из-за недостатка ферментативной энергии. В таком случае они легко разлагаются на аммиак, вырабатываемый в рубце. Избыток аммиака поглощается стенками рубца, поступает в кровь и с ней транспортируется в печень. В гепатоцитах печени аммиак превращается в мочевины, которая затем проникает в кровь и через нее:

1) может вернуться в рубец со слюной или всасываться в рубец через ее стенки;

2) поступает к выделительным органам и выводится с мочой.

Когда мочевины возвращается в рубец, она снова превращается в аммиак и может служить источником азота для роста и размножения бактерий. Мочевина, выделяемая с мочой, теряет животным.

В период лактации молочной железе коровы необходимо большое количество аминокислот для синтеза молочного белка. Обмен аминокислот в молочной железе представляет собой чрезвычайно сложный процесс. Аминокислоты могут превращаться в другие аминокислоты или

окисляться для производства энергии. Большая часть аминокислот, усваиваемых молочной железой, используется для синтеза молочных белков. Молоко содержит около 30 г белка на 1 л молока. Но существуют важные различия между коровами внутри породы и между породами. Около 90 % белка в молоке составляет казеин. Это кальцийсодержащий белок, который очень хорошо усваивается организмом молодняка. Существует много типов казеина (табл. 2) [8], и они повышают пищевую ценность многих молочных продуктов. Сывороточные белки также синтезируются из аминокислот в молочной железе. К ним относятся α -лактальбумин, β -лактоглобулин и иммуноглобулины, которые играют важную роль в передаче устойчивости к болезням новорожденных телят [10]. Иммуноглобулины всасываются непосредственно из крови и не синтезируются внутри молочной железы, поэтому их концентрация в молозиве высока. Молоко также содержит небелковый азот, эти соединения присутствуют в очень небольших количествах, например мочевины – 0,08 г/кг.

Таблица 2

Основные белки, обнаруженные в коровьем молоке, г/кг [10]

Белки	Уровень белка
Казеины	
α -казеин	14,1
β -казеин	6,2
γ -казеин	1,2
К- казеин	4,0
Сывороточный протеин	
α -лактальбумин	0,7
Иммуноглобулины	0,6
β -лактоглобулин	0,3

При составлении рациона для коров необходимо учитывать, что концентрации сырого протеина должны составлять: на сухостойную корову – 12 %, корову в период лактации – 18 %. Так как у коров с удоем около 20–25 литров молока содержание сырого протеина доходит до 16 %, большинство кормов и концентратов являются достаточными источниками белка. Однако по мере увеличения производства молока синтез бактериального белка в рубце может стать недостаточным, и для обеспечения необходимого количества аминокислот могут потребоваться источники белка, способные к преоб-

разованию в рубце. Наиболее экономически выгодно в кормовой рацион включить мочевины как небелковый азот. Мочевину не следует использовать с кормами, богатыми легкодоступным азотом (это может вызывать кетозы у коров). К таким кормам относятся шроты из масличных культур (например, сои, рапса), бобовых, кормовых и молодых трав. Эти корма также содержат достаточное количество углеводов как источника энергии. Кроме того, потребление мочевины следует ограничить до уровня не более 150–200 г на корову в день, тщательно перемешать с другими кормами для улучшения

вкусовых качеств и постепенно добавлять в рацион, чтобы корова могла адаптироваться.

Заключение. Желудок жвачных животных состоит из преджелудков (рубец, сетка и книжка) и истинного желудка – сычуга. В преджелудках слизистая оболочка не синтезирует ферменты. Но здесь, особенно в рубце, происходит расщепление корма и образование белков. В этом большое участие принимают бактерии и простейшие, обитающие в рубце, тем самым в преджелудках создан удивительный симбиоз между организмом хозяина и микрофлорой. Последние способны вырабатывать ферменты, расщепляющие клетчатку и белки. Микрофлора рубца из аминокислот азотсодержащих небелковых веществ синтезирует собственные полноценные белки, которые переходят в сычуг и затем в кишечник, где расщепляются до стадии аминокислот и всасываются в кровь. Через круги кровообращения эти вещества поступают к молочным железам, из них синтезируются молочные белки.

У жвачных животных около 80 % белка из общего количества протеинов, переходящих в тонкий отдел кишечника, переваривается до аминокислот и всасывается в кровь, остальная часть (20 %) выводится с калом. Поэтому при составлении кормового рациона для коров необходимо учитывать, что концентрации сырого протеина должны составлять: на сухостойную корову – 12 %, корову в период лактации – 18 %. Так как у коров с удоем около 20–25 л молока содержание сырого протеина доходит до 16 %, большинство кормов и концентратов являются достаточными источниками белка. Список таких кормов включает зерновые культуры, свекловичный жмых, сено спелых трав и кукурузный силос.

Список источников

1. Васильева С.В., Конопатов Ю.В., Новицкий А.А. Клиническая биохимия крупного рогатого скота. СПб.: Лань, 2021. 280 с.
2. Комлацкий В.И., Еременко О.Н. Особенности улучшения воспроизводства стада коров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 167. С. 75–83.
3. Анаплазмоз крупного рогатого скота (биология возбудителя, диагностика, терапия и профилактика) / Е.Л. Либерман [и др.]. Тюмень: Маяк, 2012. 36 с.
4. Комлацкий В.И., Аль А.У., Подойницкая А.Т. Поведение и продуктивность телят-молочников при содержании в домиках // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2017. № 10 (173). С. 84–90.
5. Пашаян С.А., Аппельганц В.Г. Весенняя пыльценосная база юга Тюменской области // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. ст. по мат-лам междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Курганской области (с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл., 19 марта 2018 г.) / под общ. ред. С.Ф. Сухановой; Курган. гос. с.-х. акад. им. Т.С. Мальцева. Курган, 2018. С. 271–277.
6. Саткеева А.Б., Синцов К.В. Влияние кормовой добавки «энерджи» на молочную продуктивность коров // Современные научно-практические решения в АПК: сб. ст. II Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Тюмень, 26 октября 2018 г.) / Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Тюмень: Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2018. Ч. 1. С. 44–46.
7. Саткеева А.Б., Хисамутдинова Л.Г. Влияние фелуцина на молочную продуктивность коров в период раздоя // Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса: мат-лы 2-й нац. науч.-практ. конф. (Тюмень, 11 октября 2019 г.). Тюмень: Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2019. С. 226–230.
8. The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency / M. Chloe [et al.] // Gut Microbes. 2019;10(2):115–132.
9. Маслова Е.Н., Краснолобова Е.П., Гуменюк А.Н. Распространение гепатозов крупного рогатого скота в Тюменской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 8. С. 138–141.
10. Морфология, физиология и патология органов пищеварения жвачных животных / К.А. Сидорова [и др.]. Тюмень: Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2021. 289 с.

References

1. *Vasil'eva S.V., Konopatov Yu.V., Novickij A.A.* Klinicheskaya biokhimiya krupnogo rogatogo skota. SPb.: Lan', 2021. 280 s.
2. *Komlackij V.I., Eremenko O.N.* Osobennosti uluchsheniya vosпроизводства stada korov // Politematicheskij setevoy `elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 167. S. 75–83.
3. Anaplazmoz krupnogo rogatogo skota (biologiya vzbuditelya, diagnostika, terapiya i profilaktika) / *E.L. Liberman* [i dr.]. Tyumen': Mayak, 2012. 36 s.
4. *Komlackij V.I., Al' A.U., Podojnicyna A.T.* Povedenie i produktivnost' telyat-molochnikov pri sodержanii v domikah // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy. 2017. № 10 (173). S. 84–90.
5. *Pashayan S.A., Appel'ganc V.G.* Vesennaya pyl'cenosnaya baza yuga Tyumenskoj oblasti // Resursoberegayushchie `ekologicheski bezopasnye tehnologii hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: sb. st. po matlam mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyasch. 75-letiyu Kurganskoj oblasti (s. Lesnikovo, Ketovskij rajon, Kurganskaya obl., 19 marta 2018 g.) / pod obsch. red. *S.F. Suhanovoj*; Kurgan. gos. s.-h. akad. im. T.S. Mal'ceva. Kurgan, 2018. S. 271–277.
6. *Satkeeva A.B., Sincov K.V.* Vliyanie kormovoj dobavki «`enerdzhii» na molochnuyu produktivnost' korov // Sovremennye nauchno-prakticheskie resheniya v APK: sb. st. II Vseros. (nac.) nauch.-prakt. konf. (Tyumen', 26 oktyabrya 2018 g.) / Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zaural'ya. Tyumen': Gos. agrar. un-t Severnogo Zaural'ya, 2018. Ch. 1. S. 44–46.
7. *Satkeeva A.B., Hisamutdinova L.G.* Vliyanie felucina na molochnuyu produktivnost' korov v period razdoya // Integraciya nauki i praktiki dlya razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: mat-ly 2-j nac. nauch.-prakt. konf. (Tyumen', 11 oktyabrya 2019 g.). Tyumen': Gos. agrar. un-t Severnogo Zaural'ya, 2019. S. 226–230.
8. The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency / *M. Chloe* [et al.] // *Gut Microbes*. 2019;10(2):115-132.
9. *Maslova E.N., Krasnolobova E.P., Gumenyuk A.N.* Rasprostranenie gepatozov krupnogo rogatogo skota v Tyumenskoj oblasti // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 8. S. 138–141.
10. Morfologiya, fiziologiya i patologiya organov pischevareniya zhvachnyh zhivotnyh / *K.A. Sidorova* [i dr.]. Tyumen': Gos. agrar. un-t Severnogo Zaural'ya, 2021. 289 s.

Статья принята к публикации 22.03.2024 / The article accepted for publication 22.03.2024.

Информация об авторах:

Сусанна Арестовна Пашаян¹, профессор кафедры анатомии и физиологии, доктор биологических наук, доцент

Богдан Александрович Вунш², студент 3-го курса

Information about the authors:

Susanna Arestovna Pashayan¹, Professor at the Department of Anatomy and Physiology, Doctor of Biological Sciences, Docent

Bogdan Alexandrovich Wunsch², 3rd year student