ОБМЕН (СИНТЕЗ И УСВОЕНИЕ) АМИНОКИСЛОТ В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОМ ТРАКТЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНЕ РАЗЛИЧНЫХ ПО ИНГРЕДИЕНТНОМУ СОСТАВУ КОРМОВ

ЛЕБЕДЕВ Святослав Валерьевич, Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук

ГУБАЙДУЛЛИНА Эльмира Закиевна, Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии

ШЕЙДА Елена Владимировна, Оренбургский государственный университет

ГРЕЧКИНА Виктория Владимировна, Оренбургский государственный аграрный университет

На основании исследований влияния рационов с различными источниками протеина (рыбная мука, подсолнечный шрот) получены данные, характеризующие роль пищеварительного тракта в обмене аминокислот. Установлены закономерности обмена (синтеза и усвоения) аминокислот в пищеварительном тракте животного. В химусе, поступающем из желудка в кишечник, содержится некоторых аминокислот в 1,5–2 раза больше по сравнению с количеством их в рационе. Следовательно, в процессе пищеварения у жвачных может синтезироваться примерно столько же основных аминокислот, сколько их поступает с кормом. Большая часть аминокислот химуса усваивается в кишечнике. Фактическое количество усвоившихся и включающихся в обмен аминокислот у животного было больше на 108,1–148,9 % от содержания их в съеденных кормах.

Введение. Исследования последних лет представили убедительные доказательства особенностей, отмеченных как в деятельности пищеварительной системы, так и в обмене веществ у жвачных. Значительный интерес вызывает определение, в каком виде пищевая масса поступает в сычуг и чем она отличается от поступившего в организм корма, так как именно процессы, происходящие в системе пищеварения, могут обеспечивать наибольшую эффективность использования кормового протеина. Качество и количество протеина в рационе оказывают активное воздействие на рубцовое пищеварение. От количества протеина в рационе зависит обмен азота и клетчатки, с его увеличением связано повышение аммиака в рубцовой жидкости. При оптимальных условиях в многокамерном желудке происходит микробиальный синтез белка и всех аминокислот [1, 2]. Поэтому в свете новых учений возникает необходимость контролировать обеспеченность крупного рогатого скота аминокислотами.

Цель работы – изучение роли пищеварительного тракта в обмене аминокислот у крупного рогатого скота.

Методика исследований. Исследования проводили в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН на 2 телятах казахской белоголовой породы средней массой 110–120 кг. Телята содержались в специализированной клетке со свободным доступом к воде и корму. Основной рацион (ОР) был сбалансирован по

базовым питательным веществам согласно детализированным нормам ВНИИМС. Рацион включал в себя силос кукурузный (10 кг), сено разнотравное (0,5 кг), смесь концентратов (2,3 кг), дикальций-фосфат (35 г), соль поваренную (35 г).

Для осуществления поставленной задачи была проведена оригинальная операция по наложению дуоденального анастомоза по методике, разработанной А.Д. Синещевым [3]. Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполняли в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996), а также в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755).

После наступления физиологической нормы на оперированном животном было проведено 2 обменных опыта, каждый из которых включал в себя подготовительный период продолжительностью 12 дней и учетный период 3–4 дня. В течение подготовительного периода подопытным животным скармливали одни и те же корма. Животным I учетного периода в рацион вводили корма животного происхождения (рыбная мука), II учетного периода – подсолнечный шрот (15 % от концентрированной части рациона). Отбор образцов химуса и кала проводили за период 6 ч в течение 3 суток.

Химический состав биосубстратов определяли по стандартизированным методикам (ГОСТ 31640-2012, ГОСТ 32044.1.2012, ГОСТ 13496.15-97, ГОСТ 51479-99, ГОСТ 23042-86, ГОСТ 25011-81, ГОСТ Р 53642-2009) в Испытательном центре ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (аттестат аккредитации RA.RU.21ПФ59 от 02.12.15).

Количество аминокислот в химусе оценивали с помощью ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидриновым реагентом и последующим детектированием при длине волны 570 нм (для пролина – 440 нм). Анализы выполняли с использованием системы для высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) YL 9100 HPLC System (Young Lin Instrument Co., Ltd, Корея), которая состоит из кватернарного градиентного насоса YL9110, вакуумного дегазатора YL9101, UV/VIS детектора YL9120, автосамплера YL9150 (постколоночный дериватизатор Pinnacle PCX, ионообменная колонка Na^+ 4.0 $\frac{1}{2}$ 150 мм, 5 мкм, предколонка Na^+ 3.0 $\frac{1}{2}$ 20 мм, 5 мкм; Pickering Laboratories, Inc., США).

Статистический анализ осуществляли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel. Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по *t*-критерию

Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P < 0,05$.

Результаты исследований. Установлено, что синтез и усвоение отдельных аминокислот в пищеварительном тракте происходят с различной интенсивностью. Во всех учетных периодах было установлено увеличение в химусе суммы аминокислот лизина с гистидином на 143,0–233,9 % от поступившего корма. Много синтезировалось лейцина, фенилаланина и аланина. Однако синтез и усвоение отдельных аминокислот в зависимости от содержания их в рационах происходят не одинаково (табл. 1).

Так, в I учетном периоде из рациона с включением рыбной муки животное потребило в сумме наибольшее количество аминокислот. С химусом все аминокислоты выделялись в значительно больших количествах, чем было принято с кормом. Особенно много содержалось в химусе незаменимой аминокислоты аланина, несколько меньше лизина с гистидином и аргинином. По содержанию метионина с валином в химусе и корме существенной разницы не обнаружено. В этом учетном периоде сумма всех аминокислот в химусе была выше на 32,6 % по сравнению с содержанием их в корме.

Во II учетном периоде (табл. 2) животным с сбалансированным рационом было принято всего 191,69 г аминокислот. По сравнению с предыдущим периодом в корме содержалось меньше лизина с гистидином, ме-

Таблица 1

Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в пищеварительном тракте животного (I учетный период)

Показатель	Лизин + + гистидин	Аргинин	Аланин	Метионин+ + валин	Фенилаланин	Лейцин	Итого по 8 аминокислотам
Принято с кормом, г	46,4	36,7	59,3	43,6	29,3	47,4	262
Обнаружено в химусе: г	66,4	48,9	110,7	44,9	32,6	54,2	357
% к съеденному	143	133	186	102	111	114	136
Синтезировано: г	20,0	12,2	51,4	1,21	3,34	6,81	95,0
% к съеденному	43,0	33,3	86,7	2,9	11,4	14,3	36,2
Выделено в кале, г	16,3	–	11,3	–	–	18,7	73,7
Усвоено в кишечнике: г	50,2	48,9	99,5	44,8	32,6	35,4	311
% к съеденному	108	133	167	102	111	74,8	118

Таблица 2

Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в пищеварительном тракте животного (II учетный период)

Показатель	Лизин + + гистидин	Аргинин	Аланин	Метионин+ + валин	Фенилаланин	Лейцин	Итого по 8 аминокислотам
Принято с кормом, г	35,2	31,6	50,3	30,8	16,9	26,7	191
Обнаружено в химусе: г	70,1	31,4	76,3	47,6	29,1	54,8	309
% к съеденному	198	99,4	151	154	171	208	161
Синтезировано: г	34,8	–	25,9	16,8	12,2	28,1	117
% к съеденному	98,8	–	51,6	54,8	72,2	104	61,4
Выделено в кале, г	17,1	16,5	11,4	14,5	15,2	25,4	85,5
Усвоено в кишечнике: г	52,9	14,9	64,9	33,2	13,8	29,5	209
% к съеденному	150	47,4	128	107	82,1	110	109

тионина с валином, фенилаланина и лейцина. Однако общий уровень биосинтеза аминокислот в пищеварительном тракте животного в этом периоде был очень высоким, на фоне различного образования отдельных аминокислот. Больше синтезировалось тех аминокислот, которых меньше содержалось в рационе. Вероятно, одним из звеньев обмена белков и аминокислот является стремление животного организма к созданию устойчивого состава химуса по содержанию и соотношению аминокислот.

Данные, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о том, что независимо от аминокислотного состава рационов количество аминокислот, прошедших за сутки с химусом в пределах учетных периодов, колеблется незначительно.

Колебания в абсолютном количестве аминокислот в химусе организм животного стремится сгладить путем создания постоянной концентрации, «разбавляя» или «сгущая» химус выделением пищеварительных соков. Это положение подтверждается данными табл. 4.

Во II учетном периоде при меньшем содержании протеина в химусе выравнивание концентрации аминокислот происходило за счет увеличения в протеине таких аминокислот, как сумма лизина с гистидином, метионина с валином, лейцина и заменимой аминокислоты аланина. Анализируя данные табл. 4, нетрудно заметить связь между содержанием протеина в химусе и его качеством. Чем больше содержится протеина, тем ниже его аминокислотный состав и наоборот.

На основании многолетних опытов [2, 4] установлено, что относительное постоянство белковых соединений в химусе пищеварительного тракта обусловлено поступлением в его просвет эндогенного азота. При этом считается, что основным путем поступления азота в организм являются секреты пищеварительных желез.

Исследования K.J. King et al. [5] показали, что альбумин из крови может проходить в просвет рубца и тонкого отдела кишечника. Выделение плаз-

менных белков в просвет пищеварительного тракта, по мнению авторов, является одной из важных сторон в белковом обмене. Продукты расщепления плазменных белков – аминокислоты, всасываясь, снова поступают через кровь в органы и ткани, где используются для синтеза и как источник энергии. В результате непрерывной циркуляции белков и продуктов их распада между органами и тканями, с одной стороны, и пищеварительным трактом с другой – создается постоянный обмен и перераспределение аминокислотных веществ в организме.

На основании имеющихся данных можно предположить, что различное содержание и соотношение аминокислот в рационе выравнивается за счет биосинтеза микробного белка, выделения белков пищеварительных соков и плазмы крови, в результате чего в химусе кишечника создается состав аминокислот, необходимый для тканевого обмена и обеспечения синтеза своего белка – белка животного.

Особый интерес представляет процесс усвоения аминокислот, поступивших в кишечник. Известно [7], что в разных отделах кишечника всасывание аминокислот происходит с различной скоростью, в основном снижение всасывания идет от двенадцатиперстной кишки к конечному отделу кишечника. Одна аминокислота всасывается интенсивнее, чем при совместном введении двух и более аминокислот. В то же время одни аминокислоты могут стимулировать всасывание других. Всасывание различных аминокислот происходит не с одинаковой скоростью.

По наблюдениям C.G. Schwab et al. [6], интенсивность всасывания аминокислот располагается в следующем порядке: гликокол, аланин, цистин, глютаминовая кислота, валин, метионин, лейцин, триптофан. Неодинаковая скорость всасывания различных аминокислот может быть объяснена различной быстротой их дезаминирования в организме, разной величиной и разным строением молекул, а также

Таблица 3

Содержание аминокислот в суточном количестве химуса, г

Учетный период	Лизин + гистидин	Аргинин	Аланин	Метионин + валин	Фенилаланин	Лейцин
I	66,44	48,94	110,72	44,36	32,62	54,20
II	70,10	31,48	76,30	47,63	29,09	54,84

Таблица 4

Содержание протеина и аминокислот в химусе опытных животных

Учетный период	Протеин, % к натуральной влажности	Аминокислота											
		лизин + гистидин	аргинин	аланин	метионин + валин	фенилаланин	лейцин	лизин+гистидин	аргинин	аланин	метионин + валин	фенилаланин	лейцин
		% к натуральной влажности						% к протеину					
I	1,33	0,076	0,056	0,127	0,051	0,037	0,062	6,8	5,2	12	4,8	3,5	5,8
II	0,66	0,088	0,040	0,096	0,06	0,037	0,069	11	5,0	14,2	11,6	2,5	8,9

особенностями течения биохимических процессов в слизистой оболочке желудочно-кишечного тракта. Только всестороннее изучение всех процессов, протекающих в организме, в связи с влиянием внешних условий и продуктивностью животных может выявить действительную картину обмена веществ.

Заключение. При одинаковом уровне протеина в рационе синтез азотистых веществ в желудочно-кишечном тракте усиливается при кормлении биологически более полноценным белком. При этом для оптимизации внутренней среды организму приходится меньше напрягаться, выделять меньше пищеварительных соков для создания необходимой концентрации аминокислот, подходящей для синтеза собственного белка.

Полученные результаты необходимы для прогнозирования процессов истинного пищеварения и создания оптимальных условий нутриентной обеспеченности молодняка крупного рогатого скота.

Работа выполняется при финансовой поддержке подпрограммы «Изучение механизмов адаптации системы пищеварения млекопитающих животных и птицы к рационам с различным ингредиентным составом кормов» (Постановление Президиума РАН №132 от 05.07.2017) в рамках государственного задания № 0761-2018-0031.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние кормовой добавки на изменение биоразнообразия рубцовой микрофлоры коров / Е.О. Крупин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 12. – С. 28–30.
2. Жирков И.Н. Свободные аминокислоты химуса – регуляторный фактор сычужного пищеварения // Ветеринария. – 2003. – № 11. – С. 38.
3. Синещев А.Д. Процессы питания и нервная регуляция их у сельскохозяйственных животных // Тез. докл. VIII Всесоюз. съезда физиологов, биохимиков, фармакологов. – М., 1955. – 736 с.

4. Харитонов Е.Л. Комплексные исследования процессов рубцового и кишечного пищеварения у жвачных животных в связи с прогнозированием образования конечных продуктов переваривания кормов: автореф. ... дис. д-ра биол. наук. – Боровск, 2003. – 51 с.

5. King K.J., Huber J., Sadik T.M., Bergen W.G., Grant S.A. L. and King V.L. Influence of Dietary Protein Sources on the Amino Acid Profiles Available for Digestion and Metabolism in Lactating // Journal of Dairy Science, 1990, Vol. 73, No. II, 7:320–331.

6. Schwab C. G., Bozak C.K. and Whitehouse N.L. Amino Acid Limitation and Flow to Duodenum at Four Stages of Lactation. 1. Sequence of Lysine and Methionine Limitation // Journal of Dairy Science, 1992, Vol. 75, No. 12, P. 65–69.

7. Zinn R.A. and Y. Shen J. An Evaluation of Ruminally Degradable Intake Protein and Metabolizable Amino Acid Requirements of Feedlot Calves // Anim. Sci., 1998, 76:1280–1289.

Лебедев Святослав Валерьевич, д-р биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Россия.

Губайдулина Эльмира Закиевна, аспирант, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Россия.
410001, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.
Тел.: 89123458738.

Шейда Елена Владимировна, канд. биол. наук, научный сотрудник экспериментально-биологической клиники, Оренбургский государственный университет. Россия.

460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13.
Тел.: 89878626405.

Гречкина Виктория Владимировна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Незаразные болезни животных», Оренбургский государственный аграрный университет. Россия.

460000, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.
Тел. 89228771497.

Ключевые слова: кормление; телята; физиология пищеварения; химус; ингредиенты; рацион; аминокислота.

EXCHANGE (UPTAKE AND SYNTHESIS) OF AMINO ACIDS IN THE DIGESTIVE TRACT OF CATTLE WHEN USED IN DIET DIFFERENT INGREDIENT COMPOSITION OF THE FEED

Lebedev Sviatoslav Valerievich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the laboratory of biological tests and examinations, Federal Research Center of Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Gubaidulina Elmira Zakievna, Post-graduate Student, Federal Research Center of Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Shaيدا Elena Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the experimental-biological clinics, Orenburg State University, Russia.

Grechkina Victoria Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the chair “Non-communicable Animal Diseases”, Orenburg State Agrarian University, Russia.

Keywords: feeding; calves; digestive physiology; chyme; ingredients; diet; amino acid.

Materials characterizing the role of digestive tract in amino acid metabolism are obtained based on studies assessing the effect of diets with various sources of protein (fish meal, sunflower meal). A number of metabolic regularities (synthesis and assimilation) of amino acids in the digestive tract of an animal follow from the data obtained by us. Chyme inflowing from the stomach into intestine, contains 1.5-2 times more amino acids, compared with the number of them in the diet. Consequently, the same amount of basic amino acids can be synthesized in the process of digestion of ruminants. Most of amino acids from chyme is digested in the intestine. The actual amount of amino acids digested and included in the metabolism of animal was significantly higher than their content in the eaten diet and reached 108.1 - 148.9% of that received with the diet.