

УДК 636.084.1

DOI: 10.33284/2658-3135-103-2-114

Влияние незаменимых аминокислот на переваримость питательных веществ в различных отделах желудочно-кишечного тракта телят

В.В. Гречкина, С.В. Лебедев, Е.В. Шейда, М.М. Поберухин

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

Аннотация. Белки, являясь материальным субстратом жизни, обладают рядом особенностей, которые не свойственны другим органическим соединениям и обеспечивают функционирование белковых тел как основы роста и развития организма. В эксперименте изучалось влияние смеси незаменимых аминокислот лизин-метионин-треонин-триптофан на переваримость веществ и рост телят с 9- до 18-месячного возраста. Использовались компоненты рациона (на 1 кг корма): I опытная группа – 2 г лизина+2 г метионина+3 г треонина+1 г триптофана, II опытная группа – 3 г лизина+3 г метионина+4 г треонина+2 г триптофана. Включение смеси аминокислот во II опытной группе сопровождалось увеличением живой массы на 11,7 % ($P \leq 0,05$) за счёт лучшего использования бактериального азота на 8,3 % ($P \leq 0,05$), аминокислот в дуоденуме – на 3,46 %, ($P \leq 0,05$), чем в I опытной группе и на 8,83 % ($P \leq 0,05$), чем в контрольной. Таким образом, наиболее комфортной концентрацией аминокислот для обмена веществ и пищеварения являлось соотношение 3 г лизина+3 г метионина+4 г треонина+2 г триптофана.

Ключевые слова: телята, кормление, рост, развитие, аминокислоты, протеин, переваримость, сухое вещество.

UDC 636.084.1

The effect of essential amino acids on digestibility of nutrients in various parts of gastrointestinal tract of calves

Victoria V Grechkina, Svyatoslav V Lebedev, Elena V Sheyda, Mikhail M Poberukhin

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Summary. Proteins, being the material substrate of life, have a number of features that are not peculiar to other organic compounds that ensure the functioning of protein bodies as the basis for growth and development of body. The experiment studied the effect of a mixture of essential amino acids lysine-methionine-threonine-tryptophan on the digestibility of substances and the growth of calves from 9 to 18 months of age. The components of the diet (per 1 kg of feed): I group – 2g of lysine+2 g of methionine+ 3 g of threonine+1 g of tryptophan, II group-3g of lysine+3g of methionine+4g of threonine+2g of tryptophan. The inclusion of a mixture of amino acids in II group was accompanied by an increase in live weight by 11,7% ($P \leq 0,05$) due to better use of bacterial nitrogen by 8,3%($P \leq 0,05$), amino acids in the duodenum (3,46%, $P \leq 0,05$) than in the I group and by 8,83%($p \leq 0,05$) than in the control group. Thus, the most comfortable concentration of amino acids for metabolism and digestion was the ratio: 3g lysine+3g methionine+4g threonine+2g tryptophan.

Key words: calves, feeding, growth, development, amino acids, protein, digestibility, dry matter.

Введение.

Формирование системы пищеварения зависит от нутриетного состава рациона, что важно для последующего переваривания и преобразования белка у полигастрических животных (Лебедев С.В. и др., 2019; Левахин Г.И. и др., 2018; Титов В.Н. и др., 2016; Kang JX et al., 2014).

Большинство аминокислот могут синтезироваться организмом в процессе обмена. Другие (незаменимые) аминокислоты: лизин, гистидин, аргинин, треонин, метионин, валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин и триптофан не синтезируются, что требует дополнительного включения в рацион питания (Головко Е.Н., 2005; Батоев Ц.Ж. и др., 2012; Kimball SR et al., 2006).

Мерой общего метаболизма в организме животных служит эффективность использования всосавшихся аминокислот для отложения из общего пула протеина, поступившего в организм с кормом (Лебедев С.В. и др., 2018; Li S et al., 2016), лимитирующее значение которых в отдельных кормах не показано для полигастричных животных (Вишняков С.И. и др., 2011; Zhou J et al., 2016). Недостаток аминокислот сопровождается нарушением в обмене веществ, снижением роста, развития и экономической эффективности выращивания продуктивных животных (Крупин Е.О. и др., 2018; Скальный А.В. и др., 2013; Кулинцев В.В. и др., 2011; Ball RO et al., 2007).

В настоящее время известно несколько способов изменять аминокислотный состав путём использования протеинов, устойчивых к разрушению в рубце, и иметь доступный для организма животных аминокислотный профиль. Только благодаря этому возможно благоприятно дополнять состав белков рубцовых микроорганизмов. Ещё один значимый способ для регулирования аминокислот в кишечнике представляет собой применение синтетических аминокислот, выделенных химическим способом (Марынич А.П. и др., 2013; Косилов В.И. и др., 2014; Tang Q et al., 2016; Nakamura M et al., 2018).

Цель исследования.

Изучить влияние незаменимых кислот на живую массу и переваримость корма телятами казахской белоголовой породы, выращиваемыми на мясо.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Телята казахской белоголовой породы средней массой 220-225 кг, в возрасте 9 месяцев в начале эксперимента.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты меры, чтобы свети к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Схема эксперимента. Телята были разделены на 3 группы (n=3 телят в каждой группе). Контрольная группа получала ОР₁ (основной рацион), сбалансированный по базовым питательным веществам согласно детализированным нормам (NRC, 1996; www.nap.edu/catalog/9791.html), который включал: сено (2 кг), смесь концентратов (1,5 кг), силос кукурузный (5 кг), солома пшеничная (1 кг), патока кормовая (0,1 кг), соль поваренная (0,04 кг), витаминно-минеральный премикс (0,06 кг, содержание микроэлементов на 1 кг концентратов: Mn – 48 мг; Zn – 36 мг; Fe – 60 мг; Cu – 10 мг; Cr – 0,30 мг; Se – 0,24 мг; Co – 0,12 мг; витаминов на кг концентрата: витамин А (VA) – 2640 М; витамин Д (ВД) – 302 МЕ; витамин Е (VE) – 17 мг).

Животные I опытной группы получали ОР₁+КА₁ (комплекс аминокислот на 1 кг корма: 2 г лизина+2 г метионина+3 г треонина+1 г триптофана), II опытная группа – ОР₁+КА₂ (с добавлением 3 г лизина+3 г метионина+4 г треонина+2 г триптофана). Расчёт проводили на чистые аминокислоты, в % от сухого вещества корма (на голову в сутки). Питательность рациона корректировалась в зависимости от возраста и потребностей организма в питательных веществах и энергии.

Телята в возрасте с 9 до 18 месяцев содержались в специализированной клетке (1,5×2 м) со свободным доступом к воде и корму.

На основании ежемесячного взвешивания определяли интенсивность роста и абсолютный прирост живой массы телят.

Для определения среднесуточной переваримости сухого вещества у телят в различных отделах желудочно-кишечного тракта проводилась операция с наложением дуоденального анастомоза по методике А.Д. Синещёкого. К фистуле из изолированного отрезка прикрепляли с помощью специального резинового переходника шприц для сбора химуса 12-перстной кишки.

Средние образцы кормов, их остатков, пробы кала (3 % от веса) были исследованы по методикам зоотехнического анализа и биохимических исследований (Лебедев П.Т. и Усович А.Т., 1976; Разумов В.А., 1986) на содержание в них сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, сырой золы, кальция, фосфора.

С учётом массы и химического состава потреблённого корма и выделенного кала определяли количество потреблённых и выделенных питательных веществ.

Оборудование и технические средства. Исследования и диагностика были выполнены в условиях лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

При взвешивании телят использовались «Весы платформенные с ограждением для взвешивания животных» ВП-ЖО, Россия, класс точности средний (Ш), максимальная нагрузка 6000 кг. Применяются для поголовного и группового взвешивания крупного-рогатого скота и других животных.

Средние образцы кормов, их остатков, пробы кала взвешивали на весах (Электронные весы НПВ 1000, Россия). Образцы исследованы на содержание в них сухого вещества, сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), сырого жира (ГОСТ 13496.15-97), сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97).

Оценка величины переваримости корма в рубце проводилась по методике В. Лампетера. Количество микробальной массы определялась методом дифференциального центрифугирования (Центрифуга лабораторная IEC MicroCL 21, ThermoElectron LED GmbH, Германия) и дальнейшего высушивания в сушильном шкафу (Термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 СПУ, ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», Россия) до постоянного веса. Затем в воздушно-сухих препаратах определялся общий азот по методу Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93).

Статистическая обработка. Расчёты выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) с использованием методик ANOVA. Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего (\pm SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Разница в количестве сырого протеина в рационе на 8,11 % между контрольной и опытной группами сопровождалась изменением в живой массе. В частности, в возрасте 10 мес. бычки II опытной группы превосходили сверстников контрольной группы на 17,0 кг (8,5 %; $P \leq 0,05$), I опытной – на 10,6 кг (5,1 %; $P \leq 0,05$) (рис. 1). Установленные различия сохранялись до конца учётного периода и составляли 8,4 % ($P \leq 0,05$); 5,0 % ($P \leq 0,05$) и 3,3 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

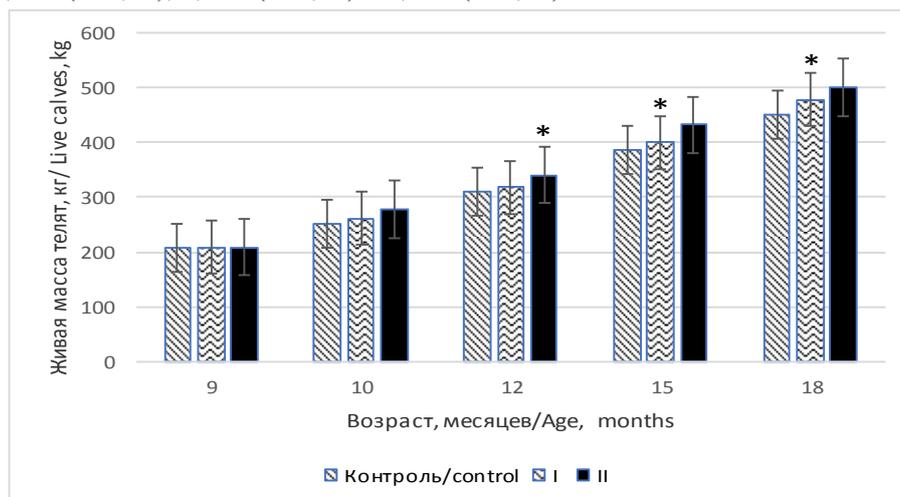


Рис. 1 – Живая масса подопытных телят, кг ($P \leq 0,05$)
Figure 1 – Live weight of experimental calves, kg ($P \leq 0,05$)

Примечание: * – Различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – Differences with control are significant at $P \leq 0.05$

Изменение качественного состава рациона отразилось на переваримости сухого вещества у подопытных животных (табл. 1). Максимальное количество поступивших аминокислот в дуоденум составило у животных II опытной группы 3,84 кг, что выше на 11,2 и 8,07 % ($P \leq 0,05$) относительно животных контрольной и I опытной групп. Увеличился уровень всосавшихся аминокислот в I опытной (5,57 %), II опытной группы (8,83 %) ($p \leq 0,05$) относительно телят контрольной группы.

Таблица 1. Среднесуточная переваримость сухого вещества у телят в различных отделах желудочно-кишечного тракта ($x \pm Sx$)
Table 1. Daily average digestibility of dry matter in calves in various sections of the gastrointestinal tract ($x \pm Sx$)

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	контрольная / control	I группа / I group	II группа / II group
Потреблено с кормом, кг / Consumed with feed, kg	5,23±0,6	5,14±0,8	5,14±0,7*
Поступило в дуоденум, кг / Entered duodenum, kg	3,41±0,4	3,53±0,4	3,84±0,6
Переварено в рубце, кг / Digested in rumen, kg	1,83±0,1	1,61±0,2*	1,73±0,5
Выделено с калом, кг / Excreted in feces, kg	0,98±0,05	0,87±0,07	0,84±0,08*
Переварено, кг / Digested, kg	4,25±0,4	4,2±0,9	4,3±0,6
Коэффициент переваримости, % / Digestibility coefficient, %	81,3	83,1	84,6
Переварено в рубце от переваренного в ЖКТ, % / Digested in the rumen from digested in the digestive tract, %	43,0±4,0	37,7±2,4	30,2±3,0
Всосалось, кг / Absorbed, kg	2,42	2,52	3,0
Всосалось в % от поступившего в дуоденум / Absorbed in % from the entered in the duodenum	71,2±2,5	75,4±3,6	78,1±4,0*

Примечание: * – Различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – Differences with control are significant at $P \leq 0,05$

Уровень поступления бактериального азота в дуоденум телят I опытной группы на 15,21 % ($P \leq 0,05$), II опытной – на 20,17 % был больше, чем у контрольных животных (табл. 2).

Таблица 2. Переваримость азота у телят казахской белоголовой породы, ($x \pm Sx$)
Table 2. Digestibility of nitrogen in calves of the Kazakh white-headed breed, ($x \pm Sx$)

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	контрольная / control	I группа / I group	II группа / II group
Потреблено с кормом, кг / Consumed with feed, kg	105,1±2,1	99,2±1,9	99,2±2,1
Поступило в дуоденум, кг / Entered duodenum, kg	136,0±2,1	140,1±3,0	137,2±3,1
Переварено в рубце, кг / Digested in rumen, kg	36,8±1,3	43,4±1,8	46,1±2,1*
Выделено с калом, кг / Excreted in feces, kg	22,5±4,1	22,0±3,9	21,8±4,4
Переварено, кг / Digested, kg	82,6±2,2	76,4±2,0	77,4±2,3*
Коэффициент переваримости, % / Digestibility coefficient, %	77,0	78,1	78,9
Переварено в рубце от переваренного в ЖКТ, % / Digested in the rumen from digested in the digestive tract, %	113,5±7,0	115,2±8,0	117,0±7,0
Всосалось, кг / Absorbed, kg	82,5	83,7	84,1*

Примечание: * – Различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – Differences with control are significant at $P \leq 0,05$

Включение смеси аминокислот повлияло на количество выделенного азота с калом. Наименьшим показателем обладала II опытная группа (21,8 г), который был меньше на 3,21 и 1,98 % ($P \leq 0,05$) относительно контрольной и I опытной групп телят. Переваримость азота у телят составила: I опытная группа – 76,4 г и II – 77,4 г, что выше на 7,51 и 6,30 % ($P \leq 0,05$) относительно сверстников контрольной группы.

Разница по коэффициенту переваримости азота в желудочно-кишечном тракте была на 2,15 % ($P \leq 0,05$) выше в опытных группах, чем у контрольной (113,5 г). Высокий % всасывания от дуоденального поступления был у телят II опытной группы.

Таким образом, концентрация аминокислот 3 г лизина+3 г метионина+4 г треонина+2 г триптофана (II опытная группа) наиболее благоприятно влияла на рост, развитие и переваримость у телят казахской белоголовой породы.

Обсуждение полученных результатов.

Большинство систем для жвачных включает показатели эффективности трансформации непереваренного корма и потока непереваренного протеина из рубца, эффективности синтеза микробного белка, абсорбции и последующего использования всосавшегося протеина. Низкая обеспеченность усвоенным протеином и показатель отношения протеина и энергии ограничивают ретенцию азота. В отличие от свиней и других моногастричных животных, у овец и крупного рогатого скота дистальные отделы тонкой кишки обладают большим потенциалом для поглощения свободных аминокислот (Lebedev SV et al., 2019).

Высокий коэффициент переваримости у телят опытных групп сопоставим с результатами исследования Yang HJ с соавторами (2016), где неполноценность рационов приводит к уменьшению аминокислотного состава белков.

Дополнительное введение аминокислот при выращивании телят оказывает существенное влияние на их весовой рост на всём периоде откорма при сохранении интенсивности среднесуточного прироста до 4,2 % ($P \leq 0,05$), экономии расхода сырого протеина и энергии. Аналогичные результаты, полученные Nakamura M с коллегами (2018), установили порог превосходства по живой массы до 4,2-10,2 кг. В зависимости от дуоденального пищеварения формируется определённый пул питательных веществ, необходимых для участия в метаболизме, а коррекция рациона аминокислотами сопровождается увеличением их всасывания до 8 %, что экономически целесообразно (Pang J et al., 2016).

Включение в рацион богатых аминокислотами кормов стимулирует скороспелость животных мясного типа, т. е. естественная стимуляция в раннем возрасте обеспечивает получение к 15-18-месячному возрасту убойных кондиций и качественных характеристик мяса (Xie T et al., 2017).

Для точной идентификации аминокислот, лимитирующих мясную продуктивность, Malesci A с соавторами (1995) расположили аминокислоты по степени лимитирования в следующей последовательности: метионин, валин, изолейцин, триптофан и лизин.

Наши данные согласуются с результатами исследования Huang VJ с коллегами (2016), которые, используя смесь аминокислот, установили, что лизин и метионин являются первыми критическими аминокислотами в рационах для крупного рогатого скота. Известно, что в синтезе нуклеопротеидов и гемоглобина участвует лизин. Он инертен в процессах обмена данных веществ. Для образования креатинина, холина, норадреналина и др. участвует незаменимая аминокислота метионин. Учёными установлено, что при недостатке данной аминокислоты нарушается работа обмена веществ и многих органов (Lin Z et al., 2006).

Всосавшиеся в кишечнике аминокислоты или используются продуктивно (на синтез белков тканей), или окисляются, а также способствуют снижению расхода кормового протеина на единицу продукции на 12-15 %. По данным Zdunczyk Z с соавторами (2015), у жвачных в энергетических процессах больше используются заменимые аминокислоты, чем незаменимые. На синтез глюкозы расходуется от 10 до 25 % заменимых и только 2-3 % незаменимых аминокислот.

Количество бактериального азота во II опытной группе превышало на 10,1 г относительно телят контрольной группы. Известно, что улучшение метаболических процессов в преджелудках способствует как повышению уровня поступления продуктов метаболизма в гепато-руменальную циркуляцию, так и увеличению образования высокоценной микробиальной массы. При использовании «защищённой формы» незаменимых аминокислот (Алиев А.А. и др., 1997) выявлена тенденция к повышению потребления и переваримости питательных веществ кормов с одновременным увеличением использования азота на 4,8 % и ростом отложения его в теле 35,4 % или 8,4 г.

Таким образом, для оценки обеспеченности жвачных аминокислотами необходимо учитывать объём микробиального синтеза аминокислот в рубце, количество и аминокислотный состав нераспадающихся в рубце кормовых белков, степень переваривания микробного и нерасщеплённого кормового белка и всасывания содержащихся в них аминокислот.

Выводы.

Таким образом, полное раскрытие генетического потенциала продуктивности животных возможно только при полноценном, сбалансированном корме по незаменимым аминокислотам – лизину, метионину, треонину, триптофану. Так как если потребности организма в энергии могут удовлетворяться за счёт окисления белков, жиров и углеводов, то потребности в белке, точнее в незаменимых аминокислотах, удовлетворяются за счёт их поступления из пищеварительного тракта, т. е. за счёт потребления в составе кормов. Поэтому чем выше уровень незаменимых аминокислот в составе кормов, тем больше они повышают переваримость азотистых веществ в желудочно-кишечном тракте.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005)

Литература

1. Активность пищеварительных ферментов и количество пищеварительных соков у телят при использовании в рационе различного по качеству протеина / Г.И. Левахин, И.С. Мирошников, В.А. Рязанов, В.В. Гречкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6(74). С. 244-245. [Levakhin GI, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Grechkina VV. Activity of digestive enzymes and the amount of digestive juices in calves fed diets containing protein of different quality. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018;6(74):244-245. (In Russ)].
2. Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных животных: монография. М.: НИЦ «Инженер», 1997. С. 161-171. [Aliev AA. Obmen veshchestv u zhvachnykh zhivotnykh: monografiya. Moscow: NITs «Inzhener»; 1997:161-171. (In Russ)].
3. Батоев Ц.Ж., Башанова М.А., Котурай И.А. Ферментативная активность гомогената ткани поджелудочной железы крупного рогатого скота и её адаптация // Вестник Бурятского государственного университета. 2012. № 4. С. 190-192. [Batoev TsZh, Bashanova MA, Koturai IA. Enzymatic activity of homogenate of pancreatic tissue of cattle and its adaptation. Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012;4:190-192. (In Russ)].
4. Вишняков С.И. Аминокислоты, их обмен и использование в питании сельскохозяйственных животных. М.: Изд-во МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 285 с. [Vishnyakov SI. Aminokisloty, ikh obmen i ispol'zovanie v pitanii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Moscow: Izd-vo MSKHA im. Timiryazeva KA.; 2011:285 p. (In Russ)].
5. Головкин Е.Н. Доступность аминокислот в питании моногастрических животных // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов: материалы конф., (г. Краснодар, 23 марта 2004 г.) / под ред. и с предисл. В.Г. Рядчикова. Краснодар: Изд-во Кубан. гос. аграрный ун-т, 2005. С. 71-118. [Golovko EN. Dostupnost' aminokislot v pitanii monogastrichnykh zhivotnykh. (Conference proceedings) Aminokislotnoe pitanie zhivotnykh i problema belkovykh resursov: materialy konf., (g. Krasnodar, 23 marta 2004 g.) pod red. i s predisl. Ryadchikova VG. Krasnodar: Izd-vo Kuban. gos. agrarnyi un-t; 2005:71-118. (In Russ)].

6. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введ. 01.01.1995. М.: Стандартинформ. 1993. 17 с. [GOST 13496.4-93. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya azota i syrogo proteina. Vved. 01.01.1995. Moscow: Standardinform; 1993:17 p. (*In Russ*)].

7. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания сырого жира (с Изменением № 1). Введ. 01.01.1999. М.: Стандартинформ. 1997. 19 с. [Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya syrogo zhira (s Izmeneniyem № 1). Vved. 01.01.1999. Moscow: Standardinform; 1997:19 p. (*In Russ*)].

8. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ. 2014. 18 с. [GOST 31675-2012. Korma. Metody opredeleniya sodержaniya syroi kletchatki s primeneniyem promezhutochnoi fil'tratsii. Vved. 01.07.2013. Moscow: Standardinform; 2012:18 p. (*In Russ*)].

9. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1997. М.: ИПК Издательство стандартов. 1996. 8 с. [GOST 26226-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya syroi zoly. Vved. 01.07.1997. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1995:8 p. (*In Russ*)].

10. ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения кальция. Введ. 01.01.1997. М.: ИПК Издательство стандартов. 1996. 16 с. [GOST 26570-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya kal'tsiya. Vved. 01.07.1997. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1995:16 p. (*In Russ*)].

11. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания фосфора. Введ. 01.01.1999. М.: Стандартинформ. 1997. 10 с. [GOST 26657-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya fosfora. Vved. 01.07.1999. Moscow: Standardinform; 1997:10 p. (*In Russ*)].

12. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введ. 01.01.1995. М.: Издательство стандартов, 1993. 17 с. [GOST 13496.4-93. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya azota i syrogo proteina. Vved. 01.01.1995. Moscow: Izdatel'stvo standartov; 1993:17 p. (*In Russ*)].

13. Крупин Е.О., Тагиров М.Ш. Изменение активности ферментов сыворотки крови, молочной продуктивности и качества молока под влиянием кормового концентрата // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 3(47). С. 59-64. [Krupin EO, Tagirov MSh. The change of activity of enzymes of blood serum, milk producing ability and milk quality under the influence of feed concentrate. Far Eastern Agrarian Herald. 2018;3(47):59-64. (*In Russ*)]. doi: 10.24411/1999-6837-2018-13059

14. Кулинцев В.В. Незаменимые аминокислоты в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных. М.: Изд-во МСХА им. К.А. Тимирязева. 2011. 317 с. [Kulintsev VV. Nezamenimye aminokisloty v kormlenii molodnyaka sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh. Moscow: Izd-vo MSKhA im. K.A. Timiryazeva; 2011:317 p. (*In Russ*)].

15. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных. М.: Россельхозиздат, 1976. 267 с. [Lebedev PT, Usovich AT. Methods of research of animal feeds, organs and tissues. Moscow: Rosselkhozizdat; 1976:267 p. (*In Russ*)].

16. Марынич А.П. Эффективность использования высокобелковых кормов на основе зерна сои в рационах молодняка свиней // Кормопроизводство. 2013. № 12. С. 39-43. [Marynich AP. Use efficiency of high-protein feeds based on soybean in the diets of young stock pigs. Fodder Production. 2013;12:39-43. (*In Russ*)].

17. Мясная продуктивность телок казахской белоголовой, симментальской пород и их помесей / В.И. Косилов, Е.А. Никонова, К.К. Бозымов, Н.М. Губашев // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 2(85) С. 20-26. [Kosilov VI, Nikonova EA, Bozymov KK, Gubashev NM. Meat productivity of kazakh white-headed heifers, of simmental breeds and their crosses. Herald of Beef Cattle Breeding. 2014;2(85):20-26. (*In Russ*)].

18. Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в пищеварительном тракте крупного рогатого скота при использовании в рационе различных по ингредиентному составу кормов / С.В. Лебедев, Э.З. Губайдуллина, Е.В. Шейда, В.В. Гречкина // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 54-57. [Lebedev SV, Gubaidullina EZ, Shaida EV, Grechkina VV. Exchange (uptake and synthesis) of amino acids in the digestive tract of cattle when used in diet different ingredient composition of the feed. The Agrarian Scientific Journal. 2019;4:54-57. (In Russ)]. doi: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp54-57>

19. Олеиновые триглицериды пальмового масла и пальмитиновые триглицериды сливочного жира. Реакция пальмитирования, пальмитат калия, магния, всасывание энтероцитами жирных кислот и микробиота толстого кишечника / В.Н. Титов, А.В. Ариповский, В.В. Щекотов, А.П. Щекотова, В.В. Кухарчук // Клиническая лабораторная диагностика. 2016. Т. 61. № 8. С. 452-461. [Titov VN, Aripovskii AV, Schekotov VV, Schekotova AP, Kukharchuk VV. The oleic triglycerides of palm oil and palmitic triglycerides of creamy fat. The reaction of palmitoylation, potassium and magnesium palmitate, absorption of fatty acids by enterocytes and microbiota of large intestine. Russian Clinical Laboratory Diagnostics. 2016;61(8):452-461. (In Russ)]. doi: [10.18821/0869-2084-2016-61-8-452-461](https://doi.org/10.18821/0869-2084-2016-61-8-452-461)

20. Переваривание питательных веществ в различных отделах желудочно-кишечного тракта в зависимости от качества протеина в рационе у телят / С.В. Лебедев, О.В. Кван, Е.В. Шейда, И.В. Маркова, И.З. Губайдуллина, В.В. Гречкина, В.Л. Королёв // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т.101. №4. С. 158-163. [Lebedev SV, Kwan OV, Sheida EV, Markova IV, Gubaidullina IZ, Grechkina VV, Korolev VL. Digestion of nutrients in different sections of the gastrointestinal tract depending on protein quality in the calves diet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(4):158-163. (In Russ)].

21. Разумов В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат, 1986. 302 с. [Razumov VA. Spravochnik laboranta-khimika po analizu kormov. Moscow: Rosselkhozizdat; 1986:302 p. (In Russ)].

22. Региональные особенности элементного гомеостаза и проблема экологофизиологической адаптации: методологический аспект / С.А. Мирошников, С.В. Нотова, С.В. Мирошников, И.П. Болодурина, А.В. Скальный // Вестник восстановительной медицины. 2013. № 6(58). С. 52-55. [Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Skalnyi AV. Regional features of elemental homeostasis and problem of ecolo physiological adaptation: methodological aspect. Journal of restorative medicine rehabilitation. 2013;6(58):52-55. (In Russ)].

23. Ball RO, Urschel KL, Pencharz PB. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. J. Nutr. 2007;137(6):1626S-1641S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/137.6.1626S>

24. Huang VJ, Huang HQ, Salam N, Xiao M, Duan YQ, Kim CJ, Li QQ, Chen W, Li WJ. *Nocardioides intraradicalis* sp. nov., isolated from the roots of *psammosilene tunicoides* W.C. Wu et C.Y. Wu. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2016;66(10):3841-3847. doi: [10.1099/ijsem.0.001274](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.001274)

25. Kang JX, Wan JBo, He C. Concise review: regulation of stem cell proliferation and differentiation by essential fatty acids and their metabolites. Stem Cells. 2014;32(5):1092-1098. doi: <https://doi.org/10.1002/stem.1620>

26. Kimball SR, Jefferson LS. Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. J. Nutr. 2006;136(1):227S-231S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.227S>

27. Lebedev SV, Gavrish IA, Gubajduullina IZ, Shejda EV. Effect of ultrafine particles of chromium on growth rates, blood biochemical parameters and activity of digestive enzymes in broilers influence of ultra-disperse CR particles on the organism of broiler chickens. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019;10(1):215-225.

28. Li S, Li X. Leptin in normal physiology and leptin resistance. Sci Bull. 2016;61(19):1480-1488. doi: <https://doi.org/10.1007/s11434-015-0951-4>

29. Lin Z, Long W, Frybarg DA, Barret EJ. The regulation of body and skeletal muscle protein metabolism by hormones and amino acids. *J. Nutr.* 2006;136(1): 212S-217S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.212S>
30. Malesci A, Gala E, Fioretta A, et al. No effect of long-term treatment with pancreatic extract on recurrent abdominal pain in patients with chronic pancreatitis. *Scand. J. Gastroenterol.* 1995;30(4):392-398. doi: <https://doi.org/10.3109/00365529509093296>
31. Nakamura M, Nomura S, Yamakawa T et al. Endogenous calcitonin regulates lipid and glucose metabolism in diet-induced obesity mice. *Scientific Reports.* 2018;8:17001. doi: 10.1038/s41598-018-35369-5
32. Pang J, Xi C, Huang X, Cui J, Gong H, Zhang T. Effects of excess energy intake on glucose and lipid metabolism in C57BL/6 Mice. *PLoS ONE.* 2016;11(1): e0146675. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146675>
33. Tang Q. Lipid metabolism and diseases. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1471-1472. doi: 10.1007/s11434-016-1174-z
34. Xie T et al. An ErChen and YinChen decoction ameliorates high-fat-induced nonalcoholic steatohepatitis in rats by regulating JNK1 signaling pathway. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2017;4603701. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/4603701>
35. Yang HJ, Yim N, Lee KJ et al. Simultaneous determination of nine bioactive compounds in Yijin-tang via highperformance liquid chromatography and liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometry. *Integrative Medicine Research.* 2016;5(2):140-150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.04.005>
36. Zdunczyk Z, Jankowski J, Kaczmarski S, Juskiewicz J. Determinants and effects of postleal fermentation in broilers and turkeys. Part 1: gut microbiota composition and its modulation by feed additives. *World's Poult. Sci. J.* 2015;71(1):37-48. doi: 10.1017/S0043933915000045
37. Zhou J, Liu H, Zhou S et al. Adaptor protein APPL1 interacts with EGFR to orchestrate EGF-stimulated signaling. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1504-1512. doi: <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1157-0>

References

1. Levakhin GI, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Grechkina VV. Activity of digestive enzymes and the amount of digestive juices in calves fed diets containing protein of different quality. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2018;6(74):244-245.
2. Aliev AA. Metabolism of ruminants: a monograph. Moscow: SIC «Engineer»; 1997:161-171.
3. Batoev TsZh, Bashanova MA, Koturai IA. Enzymatic activity of homogenate of pancreatic tissue of cattle and its adaptation. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2012;4:190-192.
4. Vishnyakov SI. Amino acids, their metabolism and use in the nutrition of farm animals. Moscow: Publishing House of Moscow Artists Academy. KA. Timiryazeva; 2011:285 p.
5. Golovko E.N. The availability of amino acids in the diet of monogastric animals (Conference proceedings) Amino acid nutrition of animals and the problem of protein resources: materials conf., (Krasnodar, March 23, 2004). Ed. and with the foreword. Ryadchikova VG. Krasnodar: Publishing House Kuban State Agricultural University; 2005:71-118.
6. GOST 13496.4-93. Feed, compound feed, feed raw materials. Methods for determining the content of nitrogen and crude protein. Introduction 01.01.1995. Moscow: Standardinform. 1993:17 p.
7. GOST 13496.15-97. Forages, compound feed, raw materials for compound feed. Methods for determining the raw fat content (with Change № 1). Introduction 01.01.1999. Moscow: Standardinform. 1997:19 p.
8. GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Introduction 01.07.2013. Moscow: Standardinform. 2012:18 p.
9. GOST 26226-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw materials. Methods for determination of raw ash. Introduction 01.07.1997. Moscow: IPK Standards Publishing. 1995:8 p.
10. GOST 26570-95 Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw materials. Methods for the determination of calcium. Introduction 01.07.1997. Moscow: IPK Standards Publishing. 1995:16 p.

11. GOST 26657-97. Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determination of phosphorus content. Introduction 01.07.1999. Moscow: Standardinform. 1997:10 p.
12. GOST 13496.4-93 Fodder, mixed fodder and animal feed raw stuff. Methods of nitrogen and crude protein determination. Introduction 01.01.1995. Moscow: Izdatel'stvo standartov. 1993:17.
13. Krupin EO, Tagirov MSh. The change of activity of enzymes of blood serum, milk producing ability and milk quality under the influence of feed concentrate. Far Eastern Agrarian Herald. 2018;3(47):59-64. doi: 10.24411/1999-6837-2018-13059
14. Kulintsev VV. Essential amino acids in feeding young farm animals. Moscow: Publishing House of Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev KA.;2011:317 p.
15. Lebedev P.T., Usovich A.T. Research methods for animal feed, organs and tissues. Moscow: Rosselkhozizdat;1976:267 p.
16. Marynich AP. Use efficiency of high-protein feeds based on soybean in the diets of young stock pigs. Fodder Production. 2013;12:39-43.
17. Kosilov VI, Nikonova EA, Bozymov KK, Gubashev NM. Meat productivity of of kazakh white-headed heifers, of simmental breeds and their crosses. Herald of Beef Cattle Breeding. 2014;2(85):20-26.
18. Lebedev SV, Gubaidullina EZ, Shaida EV, Grechkina VV. Exchange (uptake and synthesis) of amino acids in the digestive tract of cattle when used in diet different ingredient composition of the feed. The Agrarian Scientific Journal. 2019;4:54-57. doi: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp54-57>
19. Titov VN, Aripovskii AV, Schekotov VV, Schekotova AP, Kukharchuk VV. The oleic triglycerides of palm oil and palmitic triglycerides of creamy fat. The reaction of palmitoylation, potassium and magnesium palmitate, absorption of fatty acids by enterocytes and microbiota of large intestine. Russian Clinical Laboratory Diagnostics. 2016;61(8):452-461. doi 10.18821/0869-2084-2016-61-8-452-461
20. Lebedev SV, Kwan OV, Sheida EV, Markova IV, Gubaidullina IZ, Grechkina VV, Korolev VL. Digestion of nutrients in different sections of the gastrointestinal tract depending on protein quality in the calves diet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(4):158-163.
21. Razumov VA. Handbook of a laboratory assistant chemist in feed analysis. Moscow: Ros-selkhozizdat, 1986. 302 p.
22. Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Skalniy AV. Regional features of elemental homeostasis and problem of ecolo physiological adaptation: methodological aspect. Journal of Restorative Medicine Rehabilitation. 2013;6(58):52-55
23. Ball RO, Urschel KL, Pencharz PB. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. J. Nutr. 2007;137(6):1626S-1641S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/137.6.1626S>
24. Huang VJ, Huang HQ, Salam N, Xiao M, Duan YQ, Kim CJ, Li QQ, Chen W, Li WJ. *Nocardioides intraradicalis* sp. nov., isolated from the roots of *psammosilene tunicoides* W.C. Wu et C.Y. Wu. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2016;66(10):3841-3847. doi: 10.1099/ijsem.0.001274
25. Kang JX, Wan JBo, He C. Concise review: regulation of stem cell proliferation and differentiation by essential fatty acids and their metabolites. Stem Cells. 2014;32(5):1092-1098. doi: <https://doi.org/10.1002/stem.1620>
26. Kimball SR, Jefferson LS. Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. J. Nutr. 2006;136(1):227S-231S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.227S>
27. Lebedev SV, Gavrish IA, Gubajdullina IZ, Shejda EV. Effect of ultrafine particles of chromium on growth rates, blood biochemical parameters and activity of digestive enzymes in broilers influence of ultra-disperse CR particles on the organism of broiler chickens. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019;10(1):215-225.
28. Li S, Li X. Leptin in normal physiology and leptin resistance. Sci Bull. 2016;61(19):1480-1488. doi: <https://doi.org/10.1007/s11434-015-0951-4>

29. Lin Z, Long W, Frybarg DA, Barret EJ. The regulation of body and skeletal muscle protein metabolism by hormones and amino acids. *J. Nutr.* 2006;136(1): 212S-217S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.212S>
30. Malesci A, Gala E, Fioretta A, et al. No effect of long-term treatment with pancreatic extract on recurrent abdominal pain in patients with chronic pancreatitis. *Scand. J. Gastroenterol.* 1995;30(4):392-398. doi: <https://doi.org/10.3109/00365529509093296>
31. Nakamura M, Nomura S, Yamakawa T et al. Endogenous calcitonin regulates lipid and glucose metabolism in diet-induced obesity mice. *Scientific Reports.* 2018;8:17001. doi: 10.1038/s41598-018-35369-5
32. Pang J, Xi C, Huang X, Cui J, Gong H, Zhang T. Effects of excess energy intake on glucose and lipid metabolism in C57BL/6 Mice. *PLoS ONE.* 2016;11(1): e0146675. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146675>
33. Tang Q. Lipid metabolism and diseases. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1471-1472. doi: 10.1007/s11434-016-1174-z
34. Xie T et al. An ErChen and YinChen decoction ameliorates high-fat-induced nonalcoholic steatohepatitis in rats by regulating JNK1 signaling pathway. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2017;4603701. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/4603701>
35. Yang HJ, Yim N, Lee KJ et al. Simultaneous determination of nine bioactive compounds in Yijin-tang via highperformance liquid chromatography and liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometry. *Integrative Medicine Research.* 2016;5(2):140-150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.04.005>
36. Zdunczyk Z, Jankowski J, Kaczmarski S, Juskiewicz J. Determinants and effects of postleal fermentation in broilers and turkeys. Part 1: gut microbiota composition and its modulation by feed additives. *World's Poult. Sci. J.* 2015;71(1):37-48. doi: 10.1017/S0043933915000045
37. Zhou J, Liu H, Zhou S et al. Adaptor protein APPL1 interacts with EGFR to orchestrate EGF-stimulated signaling. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1504-1512. doi: <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1157-0>

Гречкина Виктория Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел. 8-922-877-14-97, e-mail: Viktoria1985too@mail.ru

Лебедев Святослав Валерьевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-3458738, e-mail: lsv74@list.ru

Шейда Елена Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-862-64-02, e-mail: elena-shejda@mail.ru

Поберухин Михаил Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78

Поступила в редакцию 9 июня 2020 г.; принята после решения редколлегии 15 июня 2020 г.; опубликована 8 июля 2020 г./ Received: 9 June 2020; Accepted: 15 June 2020; Published: 8 July 2020